

CENTRUM VOOR LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK IN SURINAME

PHYTOMASS AND MINERAL CONTENT IN UNTOUCHED FOREST
(onderzoekproject 78/22)

N, P, K, Ca en Mg gehalten in het ecosysteem ongestoord
altijd groen seizoens-regenbos te Kabo

F.M.J. Ohler
Landbouwhogeschool-Wageningen

Verslag van een onderzoek verricht onder leiding
van Ir. N.R. de Graaf

juni 1980

I N H O U D

	<u>Blz.</u>
1. Summary	5
2. Voorwoord	7
3. Inleiding en probleemstelling	7
4. Bodem	9
4.1. Inleiding	9
4.2. Werkwijze	9
4.3. Resultaten	12
4.4. Discussie	15
5. Grondvlak en stamtal per diameterklasseverdeling	15
5.1. Inleiding	15
5.2. Werkwijze	16
5.3. Resultaten	16
5.3.1.1. Tonka	
5.3.1.2. Kabo	
5.3.1.3. Fytomassaplots te Kabo	
5.3.2. Diameterklasseverdeling	
5.3.2.1. Tonka	
5.3.2.2. Kabo	
5.3.3. Over- en onderbemonstering in de fytomassaplots	
5.4. Discussie	21
6. Fytomassa	21
6.1. Inleiding	21
6.2. Werkwijze	22
6.3. Resultaten	23
6.4. Discussie	23
7. N, P, K, Ca en Mg in het ecosysteem	27
7.1. Inleiding	27
7.2. Werkwijze	28
7.3. Resultaten	28
7.4. Discussie	40
8. Literatuur	43

Bijlage 1: Veldprocedure fytomassaonderzoek

Bijlage 2: Verklaren schrijven bij de gestandaardiseerde gegevens van Expt. 78/22 ten behoeve van een computermatige verwerking.

1. SUMMARY

Experiment 78/22, entitled "Phytomass and nutrient content of untouched forest", forms part of the research project "Human Interference in the Ecosystem Tropical Rain Forest" (Code LH/Sur 01). Data are presented on soil fertility, diameter class distribution, phytomass and nutrient contents as for N, P, K, Ca and Mg of the forest ecosystem at Kabo, Suriname (Fig. 1).

To estimate the phytomass and the nutrient contents of the above-ground parts a total area of 0.12 ha of forest, composed of twelve 10 x 10 m² randomly chosen plots, was completely harvested. More than 700 samples were taken. Chemical analysis was done at the Centre for Agricultural Research in Paramaribo. The total amounts of stored nutrients were estimated from the phytomass weights and nutrient concentrations determined.

A comparison of the diameterclassdistribution of the trees harvested from the sample plots with that for 1 ha in the same forest, showed that the trees over 60 cm dbh were not proportionally represented in the sample. Using basal area data it was calculated that these trees occurred 2.4 times more frequent in the sample than in the 1-ha forest. Since such large trees contribute substantially to the phytomass a correction factor based on basal area was used.

The corrected data on phytomass and nutrient content are presented in Table 1. The estimates for root phytomass and their nutrient contents are based on eleven 0.5x0.5x0.5 m³ pits, which were dug in the centre of the plots used for phytomass estimation. The soil data are derived from 10 soil pits located in the same forest area but not exactly in the phytomass plots (Fig. 2).

2. VOORWOORD

Het ecologisch onderzoek in het kader van project LH/UvS 01 werd ernstig vertraagd door het plotseling overlijden van projectleider en ecooloog J.E.A. Procter M.A. d.d. 12 juli 1979. Dit had o.a. tot gevolg dat de gegevens van Expt. 78/22 - phytomass and mineral content in untouched forest - een jaar na het beëindigen van het veldwerk nog steeds niet waren uitgewerkt. Na vertrouwd te zijn geraakt met het ecologisch veldwerk in Expt. 79/17 - phytomass and mineral content in lightly exploited forest - werd in februari 1980 door de schrijver een aanvang gemaakt met de ordening en verwerking van de beschikbare gegevens omtrent de N, P, K, Ca en Mg gehalten van het Kabo bos (Expt. 78/22), waarvan dit rapport het resultaat is. Van de vele mensen die meewerkten aan het onderzoek wil ik de volgende noemen: de computerprogrammeur W.A. Dawson, het chemisch laboratorium van het CELOS onder leiding van mevr. R.M. Tjon Eng Soe-Monsanto, het ruw lab. onder leiding van N.S. Chin A. Fat waar Samijo de vele honderden verzamelde monsters heeft gewogen en gemalen, de bosarbeiders H. Sabajo, P.P. Pinas, E.G. Mac Donald en A.M. Courtar, de student R. Busink,

Table 1. Phytomass and N, P, K, Ca and Mg contents of the Kabo rainforest in Suriname

	Phytomass ton d.w./ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha
Leaves	16.5	217	12.7	164	86	27.1
Branches	117.9	450	38.0	394	848	75.2
Stems	280.4	811	51.2	712	1716	138.8
Roots	65.3	561	36.8	246	272	50.3
Total living biomass	480.1	2039	138.7	1516	2922	291.4
Coarse litter ^a	22.6	82	4.2	13	99	11.7
Fine litter	12.2	149	5.3	30	112	17.6
Soil 0-50 cm	79.8 ^e	3861 ^b	13.1 ^c	66 ^d	126 ^d	40.2 ^d
Soil 50-170 cm	49.5 ^e	4008 ^b	7.3 ^c	47 ^d	47 ^d	42.6 ^d
Total ecosystem	644.2	10139	168.6	1672	3306	403.5

a. coarse litter includes standing dead wood

b. total nitrogen content

c. P-Bray I: available P

d. exchangeable cations

e. soil organic matter

ir. R.L.H. Poels die de gegevens van 10 profielkuilen ter beschikking heeft gesteld en ir. N.R. de Graaf voor zijn morele steun en kritische opmerkingen.

3. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

Suriname wordt met zijn landoppervlakte van + 160.000 km² voor circa 85% bedekt door bos. Voor de exploitatie van dit bos echter is het grootste gebied vooralsnog ongeschikt wegens geaccidenteerd terrein. Wel geëxploiteerd wordt het drassige kustgebied, teelt van waardehoutsoorten is hier niet aantrekkelijk. Het exploiteerbare gebied tussen de drassige kust en het heuvelige binnenland wordt de Bosgordel genoemd. Het onderzoek in het kader van project LH/Sur 01 - Antropogene ingrepen in het ecosysteem tropisch regenwoud - speelt zich af binnen deze Bosgordel. Het houtteeltkundig onderzoek is door omstandigheden momenteel gericht op een houtteeltsysteem gebaseerd op natuurlijke verjonging. Het ecologisch onderzoek is enerzijds gericht op het ontrafelen van de ecologische processen die verantwoordelijk zijn voor de productiviteit van het ecosysteem en andere functies, anderzijds is het gericht op de effecten van ingrepen in het ecosysteem, met name bosbouwkundige maatregelen, met als doel een ecologisch verantwoord stabiel beheer en exploitatie van het bosbestand mogelijk te maken (PROCTER, 1978). Het onderhavige onderzoek - N, P, K, Ca en Mg gehalten in het ecosysteem ongestoord altijd groen seizoen-regenbos te Kabo, Suriname - is een onderdeel van het ecologisch onderzoek en kan als referentie-kader dienen waaraan uitkomsten van andere onderzoeken in het kader van project LH/Sur 01 in geëxploiteerd en bosbouwkundig behandeld drooglandbos gerelateerd zullen worden.

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van de concentraties en de totaal aanwezige hoeveelheden der macronutriënten N, P, K, Ca en Mg in de verschillende onderzochte componenten van het ecosysteem ongestoord tropisch altijd groen seizoens-regenbos (drooglandbos) op goed gedraineerde, diep verweerde gronden van de Zanderij formatie te Kabo. Voor een nauwkeurige schatting van de aanwezige hoeveelheden N, P, K, Ca en Mg is een nauwkeurige schatting van de fytomassa van vitaal belang. Een floristische inventarisatie en karakterisering alsmede een uitgebreide structurele analyse van het bos vallen buiten het kader van dit onderzoek.

Het proefareaal te Kabo ligt op 5° 13 min N.B., 55° 46 min W.L., ruim 100 km ten zuid-westen van Paramaribo (Fig. 1) circa 35 m boven zeeniveau. Het ligt mondiaal gezien in de gordel met een tropisch regenwoud klimaat (Af) met 2 natte en 2 droge seizoenen. De gemiddelde neerslag te Coebiti, 30 km ten Oosten van Kabo, is 2385 mm/jaar (7 jaar metingen). De gemiddelde regenval in oktober (droogste maand) is 98 mm.

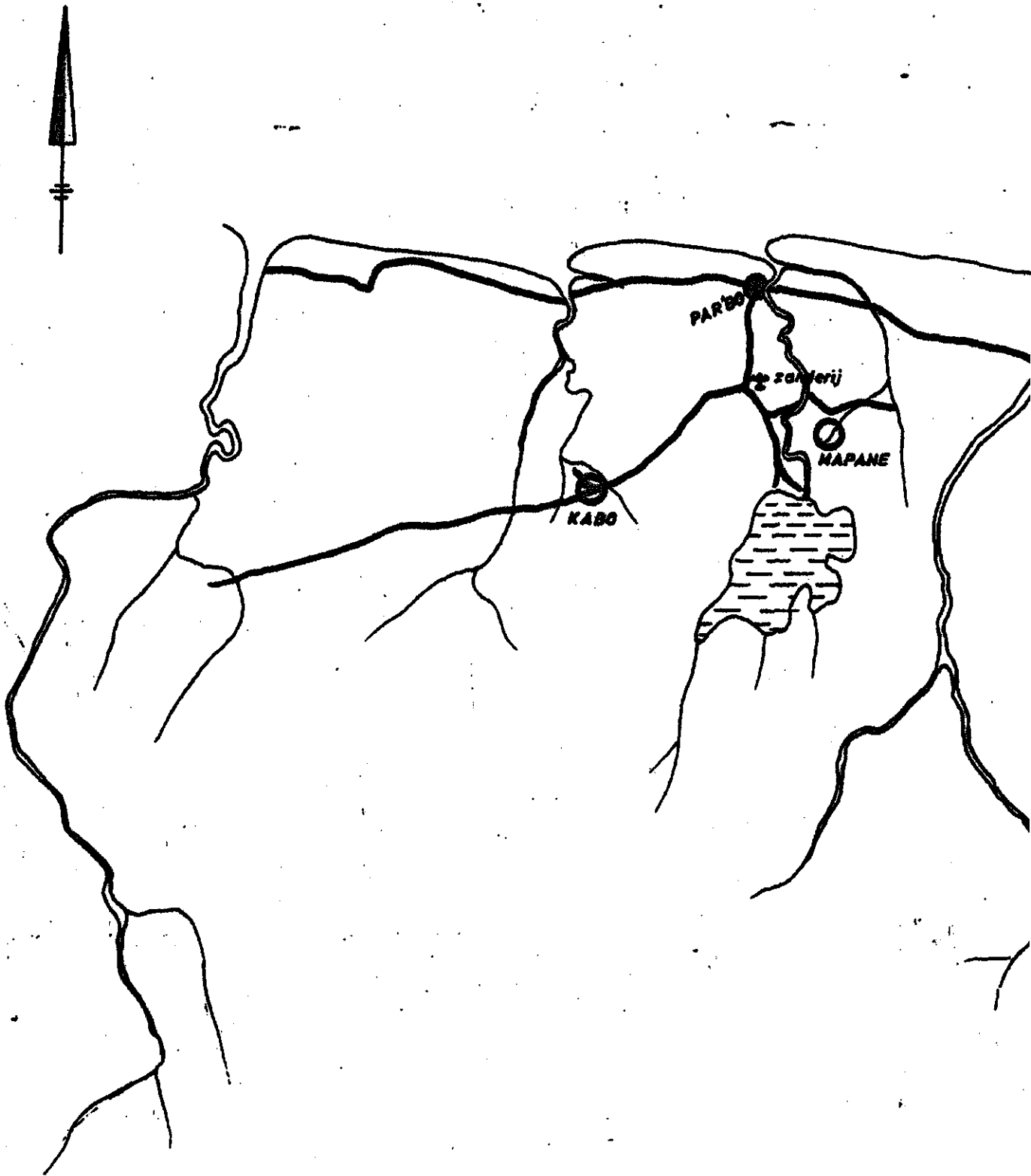


Fig.1. Globale situering van de proefarealen te Kabo en Mapane
Schaal 1:2.500.000

De laagst gemeten neerslag is 11 mm in oktober 1976. Het moedermateriaal is een Zanderij sediment bestaande uit sandy clay loam tot sandy clay over verweerd graniet. De ligging van de fytomassa meetveldjes en de profielkuilen is weergegeven in fig. 2.

4. BODEM

4.1. Inleiding

Bij de opzet van de ecologische onderzoeken van project LH/Sur 01 is voorzien in het bemonsteren van de bodem ten behoeve van de bepaling van het organische stofgehalte alsmede een verdere chemische analyse (N, P, K, Ca, Mg, Na en Al). Het doel hiervan is met name een beter inzicht te krijgen in de voor planten opneembare hoeveelheden bio-elementen binnen het ecosysteem;

De bodemanalysegegevens zoals gepresenteerd in dit rapport zijn afkomstig van 10 zeer diepe profielkuilen ($< 1,7$ m; beschreven door ir. R.L.H. Poels) welke gegraven zijn in het terrein direct grenzend aan dat waar de fytomassaplots gelegen zijn (zie fig. 2). Hoewel ook bij de fytomassaplots grondmonsters zijn genomen, werd toch de voorkeur gegeven aan de data van voornoemde profielkuilen wegens de grotere nauwkeurigheid van de bemonstering, de veel uitgebreidere analyse en de grote diepte van de profielkuilen.

4.2. Werkwijze

Het beschrijven en bemonsteren der profielkuilen is uitgevoerd volgens de FAO-richtlijnen voor bodemprofielbeschrijvingen (1968). De methoden gebruikt bij de chemische analyse van de in dit rapport genoemde elementen worden hieronder kort beschreven:

- a. Koolstofgehalte volgens Walkley-Black (met correctiefactor 1,15). Het organische stofgehalte wordt vervolgens berekend (58% van de organische stof wordt geachte koolstof te zijn).
- b. Het stikstofgehalte wordt bepaald door na destructie van alle N-houdende verbindingen (met zwavelzuur- en salicylzuur) NH_3 in een boorzuuroplossing over te destilleren. Tenslotte wordt getitreerd met $\text{KH}(\text{JO}_3)_2$.
- c. Het fosforgehalte wordt bepaald als P-Bray I
- d. Voor de bepaling van de uitwisselbare kationen Ca, Mg, K en Na, wordt het grondmonster gepercoleerd met NH_4Ac , in het percolaat worden K en Na bepaald door emissiespectrofotometrie, Ca en Mg door absorptiespectrofotometrie.

Fig. 2. Ligging van de meetveldjes van Expt. 78/21 en 78/22 in het bosbouwproefgebied te Kabo
Schaal 1:5000

③ meetveldje fylomassa. ③ profielkuil

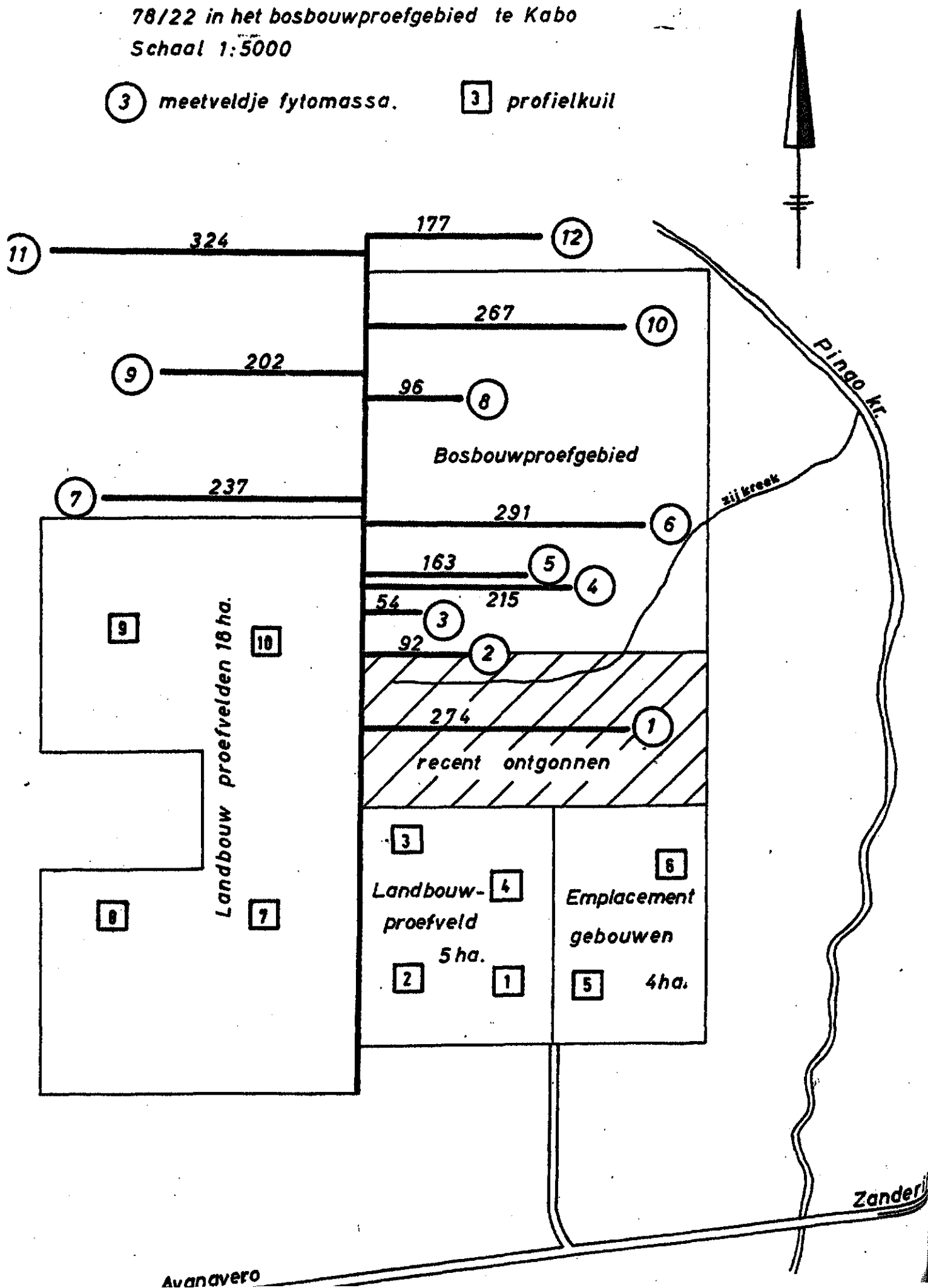


Table 2A. Soil analyses data. Kabo area Suriname. Profile I

Hor.	Depth in cm	Bulk density	pH H ₂ O	Org. Matter %	% C	% N	C/N	ppm P-Bray I	Exchangeable cations me/100 g soil				Al me/100 g soil	% Al sat	CEC at soil pH me/100 g soil
									Ca	Mg	K	Na			
A11	0-6	1.30	4.6	1.96	1.14	0.10	11	3.18	0.96	0.40	0.08	0.05	0.36	19	1.85
A12	6-15	1.35	4.3	1.14	0.66	0.08	8	3.21	0.76	0.09	0.05	0.05	0.92	49	1.87
A3	15-29	1.45	4.6	0.91	0.53	0.05	11	1.14	0.19	0.05	0.02	0.03	0.91	76	1.20
B1	29-48	1.47	4.7	0.40	0.23	0.03	8	0.28	0.08	0.05	0.01	0.01	0.64	81	0.79
B21	48-76	1.47	4.8	0.26	0.15	0.03	5	0	0.05	0.04	0.01	0.01	0.52	83	0.63
B22	76-133	1.36	4.8	0.26	0.15	0.01	15	0	0.05	0.03	0.01	0.03	0.51	81	0.63
B3	133-170	1.38	5.0	0.16	0.09	0.01	9	0	0.05	0.02	0.02	0.02	0.41	79	0.52
C	170-260		5.1	0.12	0.07	0.01	7	0.28	0.05	0.02	0.01	0.03	0.40	78	0.51

Tabel 2B. Organic matter and mineral contents. Kabo area, Suriname . Profile 1. Calculated from table 1A

[illegible]

- e. De gepercoleerde grond wordt met alcohol ontdaan van de NH_4 , dit wordt via omzetting naar NH_3 en destillatie door titratie gemeten, aldus verkrijgt men de CEC van de grond bij pH=7.
- f. Het uitwisselbare aluminium tenslotte wordt bepaald met de Aluminon Methode.

De met de beschreven methoden verkregen concentraties zijn per profiel en per horizont gegroepeerd als in Tabel 2A. Uit deze concentraties is met behulp van de bulk density per profiel per horizont de aanwezige hoeveelheid der elementen in kilo per ha berekend, zie Tabel 2B.

4.3. Resultaten

Alle tien profielen zijn zeer diep en goed gedraineerd, twee profielen zijn matig goed gedraineerd. Zij hebben allen een bovengrond bestaande uit loamy sand of sandy loam, in kleur uiteenlopend van dull yellowish brown tot dark brown. De ondergrond bestaat overwegend uit sandy clay loam, vaak neigend naar sandy clay. De kleur is over het algemeen bright yellowish brown, soms neigend naar dull yellowish brown en soms naar oranje.

De pH van de A_1 horizont loopt uiteen van 3,9 - 4,6. De pH op 1,70 m loopt uiteen van 4,6 - 5,0.

De CEC bij bodem-pH is zeer laag, 1,05 me/100 gr in de bodemlaag 0-50 cm en 0,72 me/100 gr in de bodemlaag van 0-170 cm (zie tabel 3 en 4). Deze CEC is voor een zeer belangrijk deel gelocaliseerd in de organische stof.

Volgens het USDA classificatiesysteem behoren van de tien profielen er vijf tot de groep Ultic Haplorthox, een tot de groep Haplic Ultic Acrorthox, zijn drie profielen ofwel een Ultic Haplorthox ofwel een Haplic Ultic Acrorthox en is een profiel waarschijnlijk een Tropohumod.

Hoewel het percentage organische stof in de bodem laag is, is de absolute hoeveelheid org. stof en daarmee ook de voorraad stikstof aanzienlijk (zie tabel 3 en 4). De beschikbare hoeveelheid fosfor (bepaald als P Bray I) welke in de bodem aanwezig is, is miniem te noemen. De totale voorraad fosfor is wellicht groter, hoeveel groter blijft echter vooralsnog een vraagteken. De in de bodem aangetroffen hoeveelheden uitwisselbaar Ca, Mg, K en Na zijn uitgesproken gering (tabel 3 en 4), het deel van het adsorptie complex echter dat ingenomen wordt door Al is zeer groot.

Van de diverse gehalten der voornoemde elementen zijn in de tabel 3 en 4 ook gegeven: de standaardafwijking der profielen (SD), de standaardafwijking van het gemiddelde absoluut (SE) en als percentage (S.E.%). Het blijkt dat de schattingen van het organische stofgehalte, N, Al en de CEC betrouwbaar te noemen zijn (S.E.% 5,6 - 6,7). De schattingen van P, Ca, Mg, K en Na daarentegen zijn veel groffer (S.E.% 12,5 - 32,5), men moet echter niet

Tabel 3. Gehalten van enige elementen, organische stof en de CEC van een 0-170 cm bodemlaag te Kabo

Profiel- kuil nr.	Org. stof- gehalte kg/ha	Totale hoeveelheden kg/ha			Totaal uitwisselbare kationen kg/ha					Totaal basen kg/ha	Totaal Al kg/ha	CEC bij bodem pH me/100 g
		C	N	P	Ca	Mg	K	Na				
1	97811	56491	56491	9,47	627,3	141,2	161,3	129,9	1059,7	1189,0	0,78	
2	158043	92016	8860	16,91	333,3	68,9	164,4	133,8	700,4	1462,2	0,84	
3	154992	89582	8823	24,90	65,1	57,1	152,8	148,5	423,5	1348,9	0,70	
4	119027	69325	7927	9,79	224,6	101,4	119,7	69,3	515,0	1072,1	0,64	
5	103542	59708	7280	6,83	91,2	48,7	49,8	7,2	196,9	1116,8	0,56	
6	111945	65257	7826	7,48	42,0	30,6	129,9	1,7	204,2	1269,3	0,62	
7	134834	77983	8481	2,72	181,3	109,2	59,9	24,1	374,5	1639,4	0,92	
8	172470	100120	10195	15,59	13,0	90,2	40,2	3,0	146,4	1839,8	0,88	
9	95893	55832	5299	37,97	18,9	101,9	64,4	30,8	216,0	1060,2	0,58	
10	143877	83607	5)	72,16	136,5	78,3	191,3	59,9	466,0	1286,9	0,69	
1) Gem.	129243	74992	7869	20,38	173,3	82,8	113,37	60,82	430,3	1328	0,721	
2) Sy	27428	15941	1486	20,92	188,9	32,7	55,3	57,56	281,4	255	0,1276	
3) Sy	8673,6	5041,1	495,4	6,62	59,7	10,35	17,5	18,20	89,0	80,5	0,0403	
4) S.E. in %	6,7	6,7	6,3	32,5	34,5	12,5	15,4	29,9	20,7	6,1	5,6	

1) Gemiddelde waarde van 10 profielkuilen

2) Sy: standaardafwijking van de profielkuilen

3) Sy: standaardafwijking van het gemiddelde

4) S.E. in %: standaardafwijking van het gemiddelde
uitgedrukt als % van het gemiddelde

5) niet ingevuld wegens ontbreken N-gehalte van de A1 horizont.

Tabel 4. Gehalten van enige elementen, organische stof en de CEC van een 0-50 cm bodemplag te Kabo

Profiel- kuil nr.	Org. stof- gehalte kg/ha	Totale hoeveelheden kg/ha				Totaal uitwisselbare kationen kg/ha				Totaal basen kg/ha	Totaal Al kg/ha	CEC bij bodem pH me/100 g
		C	N	P	Ca	Mg	K	Na				
1	59548	34535	3693	9,47	460,1	81,9	76,3	44,1	662,4	466,3	1,20	
2	97825	56770	4436	10,59	149,4	34,9	99,3	51,8	335,4	575,8	1,19	
3	108062	54574	4472	14,34	65,1	36,5	86,7	60,2	248,5	567,7	1,06	
4	73782	42942	3930	8,47	190,9	56,4	75,2	23,6	346,1	486,9	1,12	
5	65560	38004	3207	4,83	64,5	36,3	49,9	7,2	157,9	499,8	0,91	
6	64160	37172	3779	6,61	42,0	16,1	62,4	1,7	122,2	469,4	0,82	
7	87786	50859	4209	2,72	169,5	53,6	55,3	0,0	278,4	629,9	1,30	
8	92900	53906	4322	7,71	13,0	33,5	40,2	3,0	89,7	615,7	1,07	
9	62336	36285	2699	9,11	18,9	15,1	34,8	27,0	59,8	505,6	0,92	
10	85693	49726	5)	57,47	88,8	73,3	82,8	20,4	229,3	437,6	0,92	
1) Gem.	79765	45477	3861	13,13	126,2	40,16	66,29	23,90	256,6	525,5	1,051	
2) Sy	16972	8588	597,4	15,90	132,7	19,726	21,17	21,87	170,5	66,89	0,155	
3) Sy	5367	2716	199,1	5,03	41,96	6,238	6,696	6,917	53,92	21,15	0,049	
4) S.E. in %	6,7	6,0	5,2	38,3	33,2	15,5	10,1	28,9	21,0	4,0	4,7	

- 14 -

1) gemiddelde waarde van 10 profielkuilen

2) Sy: standaardafwijking van de profielkuilen

3) Sy: standaardafwijking van het gemiddelde

4) S.E. in %: standaardafwijking van het gemiddelde
uitgedrukt als % van het gemiddelde

5) niet ingevuld wegens ontbreken N-gehalte van de Al horizont.

vergeten dat dit een relatieve fout is, immers de gehalten zijn zo laag dat de fout in de schatting, in kilo's uitgedrukt gering is vergeleken bij het in het ecosysteem circulerende totaal.

De gehalten der verschillende elementen zijn zowel voor de bodemlaag 0-50 cm als voor de laag 0-170 cm berekend om de vergelijkbaarheid met andere onderzoeken in het tropisch regenbos, waarbij zelden tot op een grotere diepte dan 50 cm wordt bemonsterd, te vergroten. Het dient echter benadrukt te worden dat ook op behoorlijke diepte (> 2 m) nog regelmatig wortels worden aangetroffen en het lijkt dan ook juister te zijn ook deze diepe lagen ($> 0,5$ m) bij de inventarisatie van het ecosysteem te betrekken.

4.4. Discussie

De gehalten aan fosfor en uitwisselbare kationen van de bodem zijn uitermate gering. De bodem zal in dit ecosysteem als buffer en leverancier van nutriënten een geringere importantie hebben dan in bossen op rijkere gronden, de lage CEC gecombineerd met de hoge regenval zou tot aanzienlijke mineralenverliezen kunnen leiden. Het bos blijkt dan ook mechanismen ontwikkeld te hebben om de door strooiselval vrijgekomen mineralen zo snel mogelijk te benutten, bijvoorbeeld door middel van mycorrhizae (HERRERA et al. 1978).

Op dergelijke arme gronden is permanente landbouw zonder regelmatige bemesting (niet te veel ineens i.v.m. uitspoeling) dan ook niet goed mogelijk en in feite überhaupt marginaal. Dat er toch onderzoek verricht wordt naar een systeem van permanente teelt van eenjarige gewassen (project LH/Sur 02) valt te verklaren uit de voor mechanisatie gunstige bodemfysische eigenschappen en uit het feit dat Suriname geen uitgestrekte gebieden met rijke droge gronden geschikt voor de landbouw bezit!

Verder dient opgemerkt te worden dat indien agressieve extractiemiddelen gebruikt zouden worden bij de bodemanalyse - immers het bos is niet alleen afhankelijk van de direct beschikbare nutriënten maar evenzeer van de levering in de loop der jaren - het beeld iets rooskleuriger zou wezen. Overigens zullen er binnen afzienbare tijd P-totaal bepalingen worden uitgevoerd.

5. GRONDVLAK EN STAMTAL PER DIAMETERKLASSEVERDELING

5.1. Inleiding

Bij de fytomassabepalingen in het Kabo bos werden in totaal 12 plots van 0,01 ha geoogst. Op deze 0,12 ha is een extreem hoog grondvlak aangetroffen. Er werd besloten tot een analyse van de oorzaken van dit hoge grondvlak om te achterhalen in hoeverre dit hoge grondvlak door zou kunnen werken in de fytomassaschattingen

zoals gebaseerd op de 0,12 ha geoogst bos. Bij deze analyse is gebruik gemaakt van stamtal/diameterklasseverdeling.

5.2. Werkwijze

Het grondvlak van de fytomassaplots werd herberekend op een wijze analoog aan de op het CELOS gebruikelijke methode. Deze methode behelst dat slechts dicotyle bomen met een stamdiameter op borsthoogte (dbh) van tenminste 5 cm meegenomen worden in de grondvlakbepalingen. Alle geoogste lianen, palmen en bomen met een dbh kleiner dan 5 cm zijn dan ook bij de gecorrigeerde grondvlakberekeningen niet megeteld.

Bij 4 van de 0,1 ha (10 x 10 m) fytomassaplots zijn 0,25 ha (50 x 50 m) inventarisatieplots uitgezet. Van deze in totaal 1 ha inventarisatie te Kabo is op identieke wijze het grondvlak berekend (alleen dicotyle bomen met een dbh groter dan 5 cm).

Bovendien werd het grondvlak berekend uit een 40,5 ha inventarisatie van het bos te Tonka, 5 km ten westen van Kabo (herhalingen II en III van expt. 78/5). Deze 40,5 ha inventarisatie is weliswaar op circa 5 km van het "fytomassa bos" te Kabo uitgevoerd en dus niet zonder meer vergelijkbaar met dit bos, wel geeft het een betrouwbare leidraad juist omdat het een zo grote oppervlakte betreft.

Van zowel het Kabo bos (1 ha inventarisatie) als het Tonka bos (40,5 ha inventarisatie) is door middel van regressieanalyse een stamtal/diameterklasseverdeling gemaakt na een logaritmische omzetting van het stamtal. De resultaten van deze analyses zijn zowel grafisch als cijfermatig weergegeven. In de stamtal/diameterklassegrafiek van Kabo is door middel van een puntenwolk weergegeven hoeveel stammen per diameterklasse (van 5 cm) er op de fytomassaplots zijn geoogst (omgerekend naar stammen per ha). Door vergelijking van de voornoemde puntenwolk met de regressielijn wordt een indruk verkregen van de over- en onderbemonstering per diameterklasse in de fytomassaplots te Kabo.

Voor de gebruikte statistische methoden wordt verwezen naar Elementary Statistical Methods for Foresters (FREESE 1967).

5.3. Resultaten

5.3.1. Grondvlak

5.3.1.1. Tonka

Het grondvlak van het Tonka bos wordt berekend door sommatie van de grondvlakken per diameterklasse. Het aantal bomen per diameterklasse van 5 cm is gegeven. (40,5 ha inventarisatie met de boomvork). Het aldus verkregen grondvlak van 40,5 ha bos te Tonka (herhalingen II en III van expt. 78/5) bleek 25,6 m²/ha te zijn.

5.3.1.2. Kabo

Van de 4 x 0,25 ha inventarisatie te Kabo (expt. 78/21-22) werd per stam het grondvlak berekend. Het grondvlak per ha is eenvoudig verkregen door de grondvlakken per stam te sommeren. Omdat er sprake is van 4 0,25 ha opnames kan met behulp van een variantieanalyse de standaardafwijking van het gemiddelde absoluut (SE) en in procenten (SE%) berekend worden. Het aldus berekende grondvlak is 28,0 m²/ha, SE = 1,3 m²/ha, SE% = 4,7.

5.3.1.3. Fytomassaplots te Kabo

De grondvlakken van de 12 100 m²-plots te Kabo lopen zeer sterk uiteen, van 7,97 m²/ha in plot 11 tot 95,80 m²/ha in plot 4. Het betreft hier gecorrigeerde waarden, voor grondvlakken inclusief palmen, lianen en bomen <5 cm dbh, zie BUSINK (in voorbereiding). Het gemiddelde grondvlak is 42,78 m²/ha met een SE van 8,20 m²/ha en een SE% van 19,2. Dit gemiddelde is wel een zeer veel hoger cijfer dan de 28,0 m²/ha gevonden bij de 1 ha inventarisatie. Met behulp van een stamtal/diameterklasseverdeling wordt de oorzaak hiervan aan het licht gebracht.

5.3.2. Stamtal/diameterklasseverdeling

5.3.2.1. Tonka

Bij de 40,5 ha inventarisatie te Kabo werden ruim 31.000 bomen gemeten m.b.v. de boomvork. De hier gebruikte boomvork is een vrij grof meetinstrument waarmee de gemeten bomen in diameterklassen van 5 cm breed worden ingedeeld. Met behulp van een regressieanalyse kan een regressielijn worden berekend in de vorm: $Y = A + BX$

hierin is Y = logaritmie van het
stamtal per diameter-
klasse

X = het midden van een
diameterklasse

A = het theoretische (!)
snijpunt met de Y -as

B = de correlatiecoëfficiënt.

De regressieanalyse leverde de volgende lijn op:

$$Y = 2,465 - 0,03024 x,$$
$$R^2 = 0,991$$

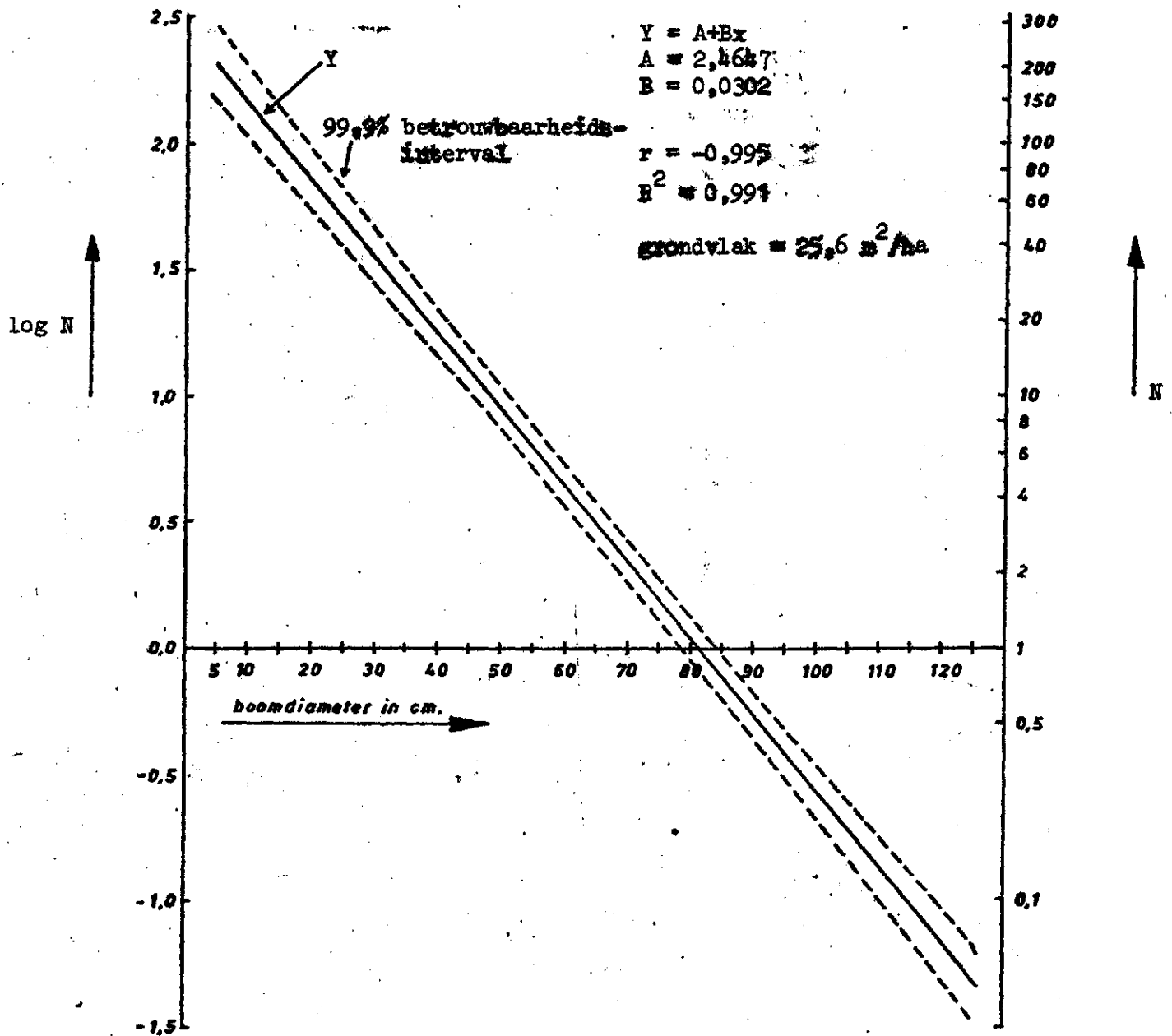


Fig. 3. Stamtal/diameterklasseverdeling van herhaling II en III van exp. 78/5 te Tonka. Gegevens uit een 40,5 ha inventarisatie met de boomperk. De regressielijn wordt verkregen na een logaritmische omzetting van het stamtal N. De diameterklassen zijn 5 cm breed.

De lijn is met een betrouwbaarheidsinterval van 99,9% weergegeven in fig. 3. Hiermee is met een grote mate van waarschijnlijkheid aangetoond dat in de ongestoorde bossen rond Kabo het stamtal per diameterklasse over grote oppervlakten (> 1 ha) een normaal verloop volgens een exponentiële curve vertoont. Deze constatering is belangrijk aangezien bij de analyse van de fytomassaplots hiervan uitgegaan zal worden.

5.3.2.2. Kabo

Zoals reeds eerder aangestipt is op het terrein van de 12 0,1 ha fytomassaplots ook een 1 ha inventarisatie uitgevoerd, waarbij van alle bomen > 5 cm dbh met de meetband is gemeten. Ook met deze gegevens is een regressieanalyse uitgevoerd van het stamtal per diameterklasse (na een logaritmische omzetting) analoog aan de regressieanalyse van de Tonka inventarisatie (par. 4.3.2.1.). Deze analyse levert de volgende lijn op:

$$Y = 2,255 - 0,0241 X$$

$$R_2 = 0,885$$

Deze lijn is met een betrouwbaarheidsinterval van 95% weergegeven in fig. 4. De puntenwolk rond deze lijn representeert de op 0,12 ha geoogste bomen der fytomassaplots omgerekend naar hectarecijfers.

5.3.3. Over- en onderbemonstering in de fytomassaplots

Bij een nadere beschouwing van fig. 4 komt naar voren dat hoewel de puntenwolk welke de geoogste bomen representeert algemeen afwijkt van de regressielijn die het normale verloop voorstelt, deze afwijkingen met name zijn geconcentreerd in de diameterklassen van 60 cm en hoger. Het zijn juist deze diameterklassen die een zeer hoge bijdrage per stam aan het grondvlak en aan de biomassa leveren. Dat de afwijkingen juist bij de grotere diameters zo aanzienlijk zijn komt voort uit het feit dat deze bomen per hectare veel minder frequent voorkomen dan die met een kleine diameter. Zo werden 6 bomen geoogst met een dbh > 60 cm op 0,12 ha, dat komt overeen met 50 van een dergelijke omvang per ha, terwijl op de 1 ha inventarisatie slechts 19 van deze exemplaren werden aangetroffen. De 6 geoogste bomen > 60 cm dbh leveren een bijdrage aan het grondvlak van $20,62 \text{ m}^2/\text{ha}$, waar op de 1 ha inventarisatie deze categorie slechts $8,55 \text{ m}^2/\text{ha}$ aan het grondvlak bijdraagt. Van de bomen > 60 cm dbh is gelet op het grondvlak een 241% bemonstering gedaan ten opzichte van de 1 ha inventarisatie.

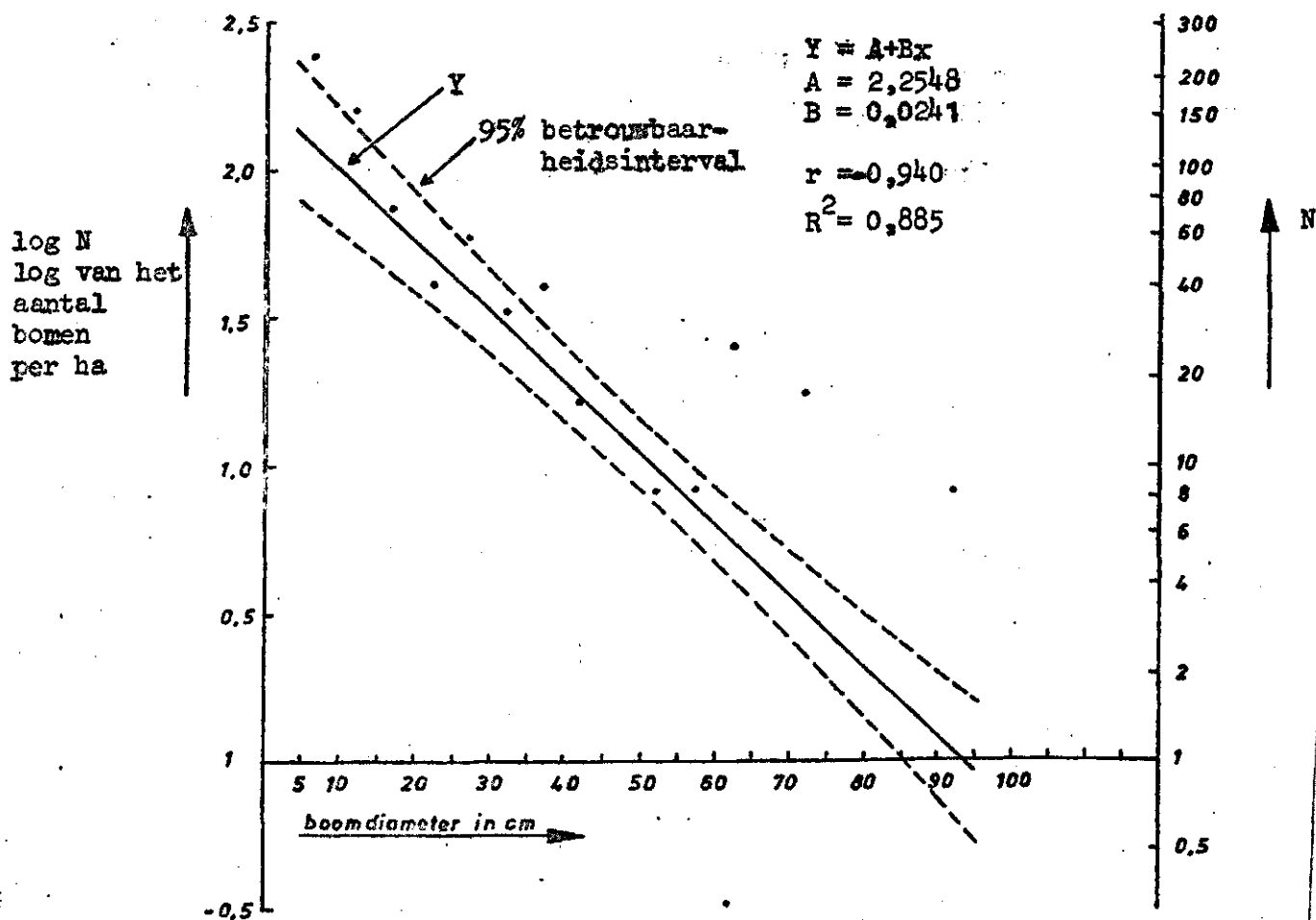


Fig. 4. Stamtal/diameterklasse verdeling van een 1 ha inventarisatie te Kabo. De diameterklassen zijn 5 cm groot. De puntenwolk representeert de ten behoeve van de biomassa schatting geoogste bomen van 0,12 ha bos te Kabo.

Opvallend is verder dat van de diameterklasse 45-50 cm geen enkele boom is geoogst, deze onderschatting wordt echter in sterke mate gecompenseerd door de overbemonstering van bv. de diameterklasse 35-40 cm.

5.4. Discussie

De overschatting van het grondvlak in de fytomassaplots is zonder meer ernstig te noemen, dat dit kon gebeuren wordt verklaard door het geringe aantal exemplaren waar het omgaat, er werden 6 bomen > 60 cm dbh geoogst waar er eigenlijk 2,3 aangetroffen hadden moeten worden. Echter 2,3 is een breuk en zo kan men onmiddellijk inzien dat het baseren van een schatting van zowel het grondvlak als de biomassa op ongecorrigeerde cijfers van een dergelijk klein oppervlak (0,12 ha) een hachelijke onderneming is. Een extra gewicht wordt hier in de schaal gelegd door de grote hoogte van juist deze bomen (tot 48 meter).

Bij het schatten van de fytomassa en de N, P, K, Ca en Mg gehalten is derhalve een correctiefactor ingevoerd die gebaseerd is op de overschatting van het grondvlak, waarbij gesteld zal worden dat er een 241% monster genomen is in alle genoemde categorieën van de groep bomen > 60 cm dbh. Een dergelijke correctiemethode is weliswaar vrij ruw, maar levert toch een betere schatting op van zowel de fytomassa als de bio-elementengehalten dan de oorspronkelijke. Overigens is deze correctiemethode wel voor verfijning vatbaar, bijvoorbeeld door ook voor de bomen met kleinere diameters correctiefactoren in te voeren, men dient echter wel te bedenken dat de bomen met kleine diameters procentueel gezien veel minder bijdragen aan de totale biomassa en derhalve ook correcties in deze diameterklassen absoluut gezien veel geringer zullen zijn dan die toegepast op de bomen > 60 cm dbh. Het verdient wellicht aanbeveling om in Kabo een extra inventarisatie met de boomvork uit te voeren, waardoor een betrouwbaarder beeld ontstaat van de stamtal/diameterklasseverdeling, zodat met een grotere mate van zekerheid correctiefactoren ingevoerd kunnen worden in de schattingen van fytomassa en bio-elementengehalten.

6. FYTOMASSA

6.1. Inleiding

In een onderzoek naar het gehalte van bepaalde elementen in de verschillende samenstellende compartimenten van een ecosysteem staat een zo nauwkeurig mogelijke schatting van de biomassa centraal. "The descriptive data are mainly useful in the definition of the tropical moist forest ecosystem; they are not

directly applicable to the description of mineral cycling in the forest. In contrast, the weight or biomass of the forest is fundamental to a mineral cycling study. The biomass represents stored organic matter in the ecosystem; it specifies the numerical value of the ecosystem components. With information of the organic biomass and the concentration of elements in that biomass we can calculate the chemical inventory of the forest "(GOLLEY et. al. 1975).

Het accuraat schatten van de biomassa is echter geen eenvoudige zaak. ZADELHOFF (1976) onderscheidt voor het schatten van de bovengrondse fytomassa 3 methoden:

- a. Regressieanalyse-methode: aan de hand van een aantal monsterbomen worden moeilijk meetbare allometrische grootheden via regressievergelijkingen gerelateerd aan de diameter op borsthoogte en de boomhoogte. Door combinatie van deze regressievergelijkingen met stamtal/diameter-boomhoogte-klasse curven wordt de biomassa geschat.
- b. Diameterklasse-methode: de opstand wordt gedeeld in diameterklassen. Van iedere diameterklassen wordt van één of meer bomen van gemiddelde afmetingen de biomassa bepaald.
- c. Complete oogstmethode: alle planten en bomen eventueel strooisel etc. in kleine willekeurige plots of grotere plots worden volledig geoogst.

In dit onderzoek is uitgegaan van de complete oogstmethode (0,12 ha), er is echter een correctie toegepast gebaseerd op een 1 ha inventarisatie, waardoor in feite een embryonale vorm van de regressieanalyse-methode ontstaat.

Een schatting van de wortelbiomassa is nog lastiger en er is volgens JENIK (1971) vrijwel altijd sprake van een forse onderschatting.

6.2. Werkwijze

Teneinde de fytomassa van het bos te schatten werden 12 willekeurig verspreide vierkante 0,01 ha plots in het Kabo bos uitgezet en geoogst. Kruiden, palmen <1,5 m en dicotylen <1 cm dbh werden uitgetrokken, gewogen en bemonsterd, fijn (blad) strooisel, grof (houtig) strooisel en staand dood hout werden elk apart gewogen en bemonsterd, vervolgens werden palmen, bomen en lianen individueel geoogst, blad, takken en stammen apart gewogen en bemonsterd. Van bomen met een regelmatige en ronde stamvorm werd de stam-onttrek om de 2 m gemeten, een blok van 1 m werd zeer nauwkeurig gemeten en gewogen, stamvolumina en gewicht werden achteraf berekend. Tot slot werd in het centrum van elk plot een 0,5 x 0,5 x 0,5 m wortelbemonsteringskuil gegraven. Zie voor de volledige veldprocedure bijlage 1 en voor een uitgebreide toelichting in verband met optredende onregelmatigheden en tekortkomingen in de veldprocedure BUSINK (in prep.). Alle monsters werden naar het Celos vervoerd alwaar zij gedroogd zijn bij 70°C en nogmaals gewogen.

De verwerking van de gegevens is uitgevoerd met de IBM 1130 computer te Paramaribo. De file bevat de vers- en drooggewichten van de monsters en de bijbehorende totalen, voorzien van een 7 cijferige code. Met de hand zijn later nog enkele additionele berekeningen uitgevoerd. De aldus verkregen fytomassa waarden zijn zuiver gebaseerd op een 0,12 ha bemonstering.

Na een analyse van de stamtallen per diameterklasse en het grondvlak in vergelijking met de 1 ha inventarisatie gekoppeld aan de fytomassaplots (hfdst. 5) werd de gecorrigeerde fytomassa ingevoerd. Berekend is dat er op basis van het grondvlak een 241% bemonstering van de bomen > 60 cm dbh heeft plaatsgevonden. Ten behoeve van de gecorrigeerde fytomassa werd het gewicht van de stammen, takken en bladeren van de geoogste bomen > 60 cm dbh vermenigvuldigd met een factor 100/241. De gepleegde correctie betekent een dermate forse ingreep in de fytomassacijfers dat voornamelijk van correcties in de kleinere diameterklassen wordt afgezien: zij zouden absoluut gezien in het niet vallen bij de nu gepleegde correctie. Zowel de ongecorrigeerde als de gecorrigeerde fytomassawaarden zijn in tabelvorm weergegeven.

Voor de herkomst van de gebruikte cijfers van het organische stofgehalte van de bodem zij verwezen naar hfdst. 4.

6.3. Resultaten

De fytomassacijfers zoals gevonden bij de 0,12 ha bemonstering te Kabo alsmede de gecorrigeerde fytomassacijfers worden gepresenteerd in tabel 5. De vermelde S.E. en S.E.% zijn gebaseerd op gegevens van de 12 plots en horen bij de niet-gecorrigeerde fytomassawaarden.

Het gemaakte onderscheid tussen dunne en dikke takken verschilt per boom en is niet gebaseerd op bepaalde afmetingen. Verder moet aangetekend worden dat de wortelbemonsteringskuil van plot 12 niet gegraven is. In tabel 11 wordt de procentuele verdeling van de fytomassa over de samenstellende compartimenten van het ecosysteem weergegeven.

6.4. Discussie

Zowel uit de grote standaardafwijkingen van de fytomassaschattingen als uit het grote verschil tussen de gevonden en de gecorrigeerde fytomassawaarden blijkt dat het zonder meer baseren van een fytomassaschatting op gegevens van kleine oppervlakten (< 1 ha) gedoemd is weinig betrouwbare cijfers op te leveren. De complete oogstmethode echter is dermate intensief dat een complete oogst van bijvoorbeeld 1 ha als niet haalbaar beschouwd dient te

Tabel 5. Fytomassa van het Kabo bos te Suriname, gevonden waarden gebaseerd op 0,12 ha complete oogst, gecorrigeerde waarden gebaseerd op 1 ha aanvullende inventarisatie. Voor correctiemethode zie tekst

	Fytomassa ton/ha	S.E.	S.E. %	Fytomassa gecor. t/ha
BLADEREN				
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	8,988	1,559	17,14	7,128
dicotylen (< 1 cm dbh)	0,535	0,129	23,2	0,535
palmen (< 1,5 m hoogte)	7,960	1,067	13,4	7,960
lianen	0,475	0,144	30,3	0,475
kruiden	0,010	0,003	27,9	0,010
epiphyten	0,439	0,122	27,8	0,439
Totaal bladeren	18,407			16,546
STAMMEN				
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	384,375	81,908	21,3	268,999
dicotylen (< 1 cm dbh)	0,311	0,057	18,4	0,311
palmen	4,501	1,128	25,1	4,501
lianen	6,627	1,936	29,2	6,627
Totaal stammen	395,814			280,438
TAKKEN				
grote takken van bomen	142,626	42,015	29,5	84,874
kleine takken en twijgen van bomen	36,506	4,902	13,4	29,776
subtotaal takken van bomen	179,132	45,723	25,5	114,650
takken van lianen	3,226	1,238	36,2	3,226
Totaal takken	182,358			117,876
WORTELS				
wortels uit 50 cm wortelkuilen	65,157	13,134	20,2	
wortels van uitgetrokken planten	0,174	0,014	8,2	
Totaal wortels	65,331			65,331
Totaal levende phytomassa	661,91			480,191
GROF STROOISEL				
liggende stammen en takken	14,909	4,639	31,1	
staand dood hout	7,641	4,665	61,0	
Totaal grof strooisel	22,550	5,352	23,7	22,550
FIJN STROOISEL				
blad bloem en vrucht strooisel	9,276	0,613	6,6	
bij oogst vrijgekomen strooisel*	2,938	0,214	7,3	
Totaal fijn strooisel	12,214			12,214
Totaal phytomassa zonder bodem	696,674	126,28	18,1	514,955
BODEM				
0-50 cm org. stof	79,765	5,367	6,7	
50-170 cm org. stof	49,478			
Totaal bodem 0-170 cm	129,243	8,674	6,7	129,243
Totaal ecosysteem	825,917			644,198

* Dit strooisel zit b.v. opgesloten in 'trechters' van palmkronen.

worden. Toch zijn de gegevens zoals nu verkregen van 0,12 ha geoogst bos zeer waardevol, al zijn zij niet zonder meer bruikbaar. Het knelpunt zit hem in de frequentie waarmee bepaalde fenomenen optreden, met name de grote bomen komen te weinig en te onregelmatig voor om ze met 0,12 ha correct te kunnen bemonsteren, dit geldt in nog sterkere mate voor de (grote) dode bomen. Het oogsten van 0,12 ha bos betekent dat men de beschikking krijgt over een grote hoeveelheid op zich betrouwbare gegevens. Het gaat echter om een betrouwbare schatting per ha te maken, vooral omdat er een reeks ecologische onderzoeken uitgevoerd zullen worden in bossen met verschillende niveaus van ingrepen in de zin van exploitatieniveaus en bosbouwkundige maatregelen ten behoeve van natuurlijke verjonging. Om een stevige ecologische basis te verlenen aan het houtteeltkundig onderzoek dienen de schattingen zo nauwkeurig te zijn dat eventuele verschillen tussen enerzijds het op diverse wijzen beïnvloede ecosysteem en anderzijds het ongestoord ecosysteem significant zijn.

Het valt zeer aan te bevelen bij verdere fytomassabepalingen eerst een inventarisatie over grotere oppervlakten uit te voeren, zodat een juist beeld ontstaat van de stamtal/diameterklasseverdeling. Heeft men hier eenmaal een helder zicht op dan kunnen een groot (20) aantal 10 x 10 m plots uitgezet worden waarvan de dbh van bomen > 5 cm gemeten wordt, om vervolgens een zodanige combinatie van plots te oogsten dat er geen al te grote over- en onderbemonsteringen per diameterklasse plaatsvinden. Naast alle reeds bestaande redenen om een plot af te wijzen kunnen er dan eventueel nieuwe geïntroduceerd worden. Te overwegen valt bijvoorbeeld een plot af te wijzen als er een boom in staat die qua omvang minder dan 1 x per ha voorkomt.

De gehanteerde correctiemethode kan op 2 manieren verfijnd worden, ten eerste door correcties toe te passen in meer of zelfs alle diameterklassen, ten tweede door de methode uit te breiden naar andere fracties zoals staand en liggend dood hout.

Verder dient er in deze discussie nog op gewezen te worden dat een schatting van de wortelbiomassa gebaseerd op 11 0,5 x 0,5 x 0,5 m bemonsteringskuilen onbevredigend is, ten eerste wegens het niet bepalen van de wortelmassa onder de stammen, ten tweede wegens het missen van alle wortels beneden de 50 cm en ten derde wegens de wel zeer kleine totaalbemonstering. Vaak wordt er geschermd met de bewering dat de bovenste 50 cm sterk doorworteld zijn en het bos een oppervlakkig wortelstelsel heeft. JENIK (1971) zegt hierover: "The estimates of the rooting depths in tropical trees are mainly derived from casual observations of wind-thrown trees, and from examination of soil pits prepared for soil survey. Obviously, both these sources of information are not very reliable. Single windthrown trees must be expected to be more shallow-rooted than average trees. Soilpits, usually, are situated far from bigger trees in order to avoid larger skeleton roots; consequently, they cannot provide data on

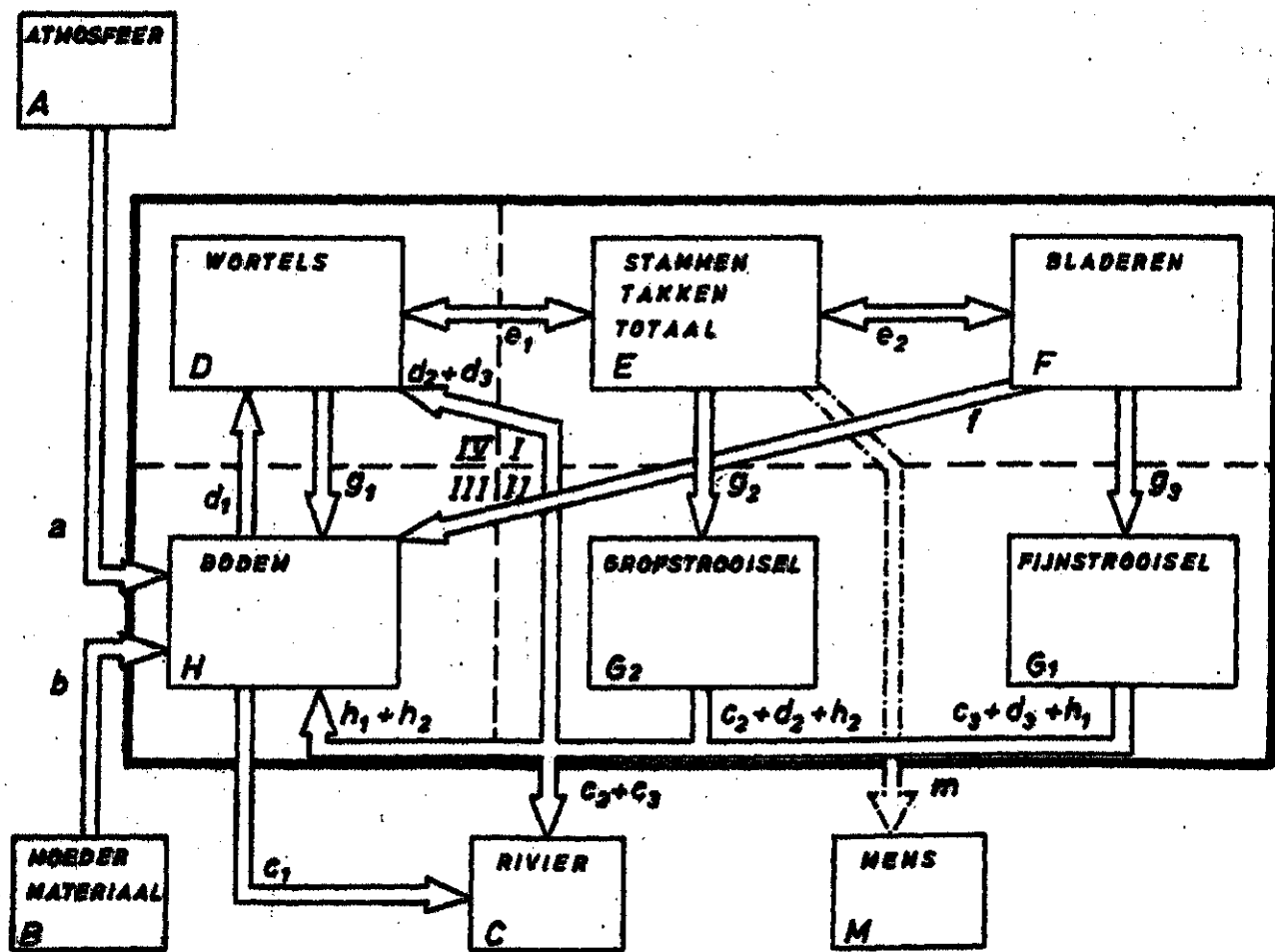


fig. 5. Een eenvoudig model voor de circulatie van nutriënten door het ecosysteem (zie tekst)

root layering within the reaches of larger trees. In our opinion the notion of the shallow-rootedness of tropical forest trees can be accepted only in the sense that the majority of feeding and roots spread in the surface humus layer which is obviously shallower than the corresponding layer in soils of the temperate forest". Dat er op grote diepte (> 2 m) nog wortels voorkomen blijkt uit de profielbeschrijvingen van ir. R.L.H. Poels. Deze wortels zorgen o.a. voor een continue watervoorziening in de droge tijd.

7. N, P, K, Ca en Mg IN HET ECOSYSTEEM

7.1. Inleiding

De elementen N, P, K, Ca en Mg zijn van groot belang voor het functioneren van het ecosysteem. Zij zijn slechts in beperkte mate in een opneembare vorm in het milieu aanwezig en schaarse aan een of meer van deze elementen heeft consequenties voor de productiviteit van het systeem. Het tropisch regenbos met zijn grote biomassa op zeer arme bodem, zoals te Kabo, kan zich handhaven door het verlies van elementen door uit- en afspoeling tot een minimum te beperken. Zo loopt een belangrijk deel van de circulatie niet via de bodem, maar worden vrijkomende elementen in de strooiselfractie direkt door de plant opgenomen met behulp van wortelschimmel symbiosen, mycorrhizae genaamd (HERRERA, et. al. 1978).

Een eenvoudig model voor de circulatie van elementen door het ecosysteem wordt gegeven in fig. 5, hierin is het ecosysteem dik omlijnd. D, E, F, G₁, G₂ en H vormen de samenstellende compartimenten van het ecosysteem. De Romeinse I, II, III en IV representeren respectievelijk levend bovengronds, dood bovengronds, dood ondergronds en levend ondergronds. A, B, C en M zijn leveranciers (A en B) en afnemers (C en M) van het ecosysteem. De letters a, b, c₁, c₂, c₃, d₁, d₂, d₃, e₁, e₂, f, g₁, g₂, g₃, h₁, h₂, h₃ en m stellen voor de uitwisseling van elementen tussen compartimenten van het ecosysteem onderling en tussen ecosysteem en leveranciers en afnemers. In dit onderzoek worden de in de diverse compartimenten van het ecosysteem aanwezige hoeveelheden N, P, K, Ca en Mg bepaald. Onderzoek naar de gehalten van andere elementen, zowel als onderzoek naar de uitwisseling van elementen tussen de compartimenten onderling is tot op heden nog niet van de grond gekomen. Wel wordt er momenteel gewerkt aan een hydrologisch onderzoek (expt. 78/34) dat gegevens met betrekking tot de water- en voedingsstoffenbalans uit het vanggebied van een kleine kreek in het Tonka-proefareaal (+ 5 km ten westen van Kabo) zal opleveren.

7.2. Werkwijze

De berekening van het gehalte van een bepaald element in een compartiment van het ecosysteem geschiedt door de biomassa van het compartiment te vermenigvuldigen met de concentratie van het element. In het Kabo bos zijn 12 potjes van elk 0,01 ha geoogst waarbij een groot aantal (ruim 700) monsters werd verzameld ten behoeve van de biomassa bepaling (hfdst. 6; zie voor veldprocedure bijlage 2). Deze monsters zijn ook gebruikt voor de chemische analyse ter bepaling van de N, P, K, Ca en Mg concentraties. Deze chemische analyse behelst een natte destructie waarna N door destillatie gevolgd door titratie, P colorimetrisch, K door emissie en Ca en Mg door absorptie bepaald worden.

De concentraties van de elementen zijn in de vorm van percentages toegevoegd aan de fytomassa file, waarna met behulp van een computer de gehalten en concentraties van de diverse elementen per component per plot zijn berekend. Tevens werden de gemiddelden per ha en de standaardafwijkingen (absoluut en als percentage) berekend. Een probleem hierbij was dat er een aantal monsters verloren is gegaan of niet genomen zijn. In deze gevallen werden gemiddelden van gelijksoortige monsters uit andere plots gebruikt. Voor een meer volledige beschrijving van de moeilijkheden die optraden bij de computermatige verwerking zijn verwezen naar bijlage 2.

De aldus berekende "gevonden" gehalten N, P, K, Ca en Mg horen bij de "gevonden" fytomassa (zie hfdst 6) een correctie hierop werd toegepast geheel analoog aan die toegepast op de fytomassacijfers: gesteld wordt dat op basis van grondvlakcijfers van de bomen groter dan 60 cm dbh een 241% monster is genomen (hfdst 5). Door vermenigvuldiging van de elementgehalten van deze bomen met 100/241 ontstaan de gecorrigeerde elementgehalten. Zowel de gevonden als de gecorrigeerde elementgehalten zijn in tabelvorm weergegeven.

Verder zijn in tabellen weergegeven concentraties van de diverse elementen per component die berekend zijn als het gemiddelde van de concentraties per plot. Zij behoren bij de gevonden fytomassa waarden, ook de bijbehorende standaardafwijkingen zijn berekend indien dat statistisch verantwoord was. Zo werden er meer dan 100 *Astrocaryum sciophilum* palmen geoogst die maar voor een klein gedeelte zijn bemonsterd. Hier is gewerkt met gemiddelden, dit maakt het berekenen van de standaardafwijking van de concentratie van een element in de component palmbladeren ongeoorloofd.

7.3. Resultaten

De gevonden en de gecorrigeerde gehalten van N, P, K, Ca en Mg in de diverse componenten van het ecosysteem zijn weergegeven in de tabellen 6 t/m 10. De gegeven S.E. en S.E.% (standaardafwijking absoluut en in procenten) horen

Tabel 6. N gehalten van het Kabo bos te Suriname, gevonden waarden gebaseerd op 0,12 ha complete oogst, gecorrigeerde waarden gebaseerd op 1 ha aanvullende inventarisatie

	N gevonden kg/ha	S.E.	S.E. %	N. gecor. kg/ha
BLADEREN				
dicotyle bomen (>1 cm dbh)	147,14	23,1	15,7	120,2
dicotylen (<1 cm dbh)	8,55	1,9	21,7	8,55
palmen (<1,5 m hoogte)	74,62	10,3	13,8	74,62
lianen	8,21	1,8	21,7	8,21
kruiden	0,15	0,04	28,5	0,15
epiphyten	4,97	1,45	29,2	4,97
Totaal bladeren	243,64			216,52
STAMMEN				
dicotyle bomen (1 cm dbh)	1039,82	225,1	21,6	751,48
dicotylen (1 cm dbh)	2,58	0,54	21,0	2,58
palmen	20,51	5,6	28,0	20,51
lianen	36,67	8,0	21,8	36,67
Totaal stammen	1099,22			810,88
TAKKEN				
grote takken van bomen	327,34	87,0	26,6	205,55
kleine takken en twijgen van bomen	268,47	30,9	11,5	224,69
subtotaal takken van bomen	595,81	104,6	17,5	429,24
takken van lianen	20,68	5,3	20,8	20,68
Totaal takken	616,49			449,92
WORTELS				
wortels uit 50 cm wortelkuilen	559,48	134,5	24,0	
wortels van uitgetrokken planten	1,54	0,13	8,7	
Totaal wortels	561,02			561,02
Totaal levende phytomassa	2520,37			2038,34
GROF STROOISEL				
liggende stammen en takken	66,73	16,2	24,2	
staand dood hout	14,84	6,8	46,1	
Totaal grof strooisel	81,87	13,7	16,8	81,87
FIJN STROOISEL				
blad bloem en vrucht strooisel	113,00	8,7	7,7	
bij oogst vrijgekomen strooisel*	35,93	3,0	8,4	
Totaal fijn strooisel	148,93			148,93
Totaal phytomassa zonder bodem	2751,--	376,4	13,7	2269,--
BODEM				
0-50 cm org. stof	3861,--	199,1	5,2	
50-170 cm org. stof	4008,--			
Totaal bodem 0-170 cm	7869,--	495,4	6,3	7869,--
Totaal ecosysteem	10620,--			10138,--

* Dit strooisel zit b.v. opgevoerd in 'trechters' van palmkroon.

Tabel 7. P gehalten van het Kabo bos te Suriname, gevonden waarden gebaseerd op 0,12 ha complete oogst, gecorrigeerde waarden gebaseerd op 1 ha aanvullende inventarisatie

	P gevonden kg/ha	S.E.	S.E. %	P gecorr. kg/ha
BLADEREN				
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	7,726	1,54	20,0	5,954
dicotylen (< 1 cm dbh)	0,473	0,12	25,7	0,473
palmen (< 1,5 m hoogte)	5,406	0,72	13,3	5,406
lianen	0,444	0,10	23,6	0,444
kruiden	0,005	0,00	46,1	0,005
epiphyten	0,425	0,15	34,7	0,425
Totaal bladeren	14,479			12,707
STAMMEN				
dicotyle bomen (1 cm dbh)	66,752	17,94	26,9	47,679
dicotylen (1 cm dbh)	0,155	0,03	20,5	0,155
palmen	1,303	0,33	25,6	1,303
lianen	2,068	0,46	22,2	2,068
Totaal stammen	70,278			51,205
TAKKEN				
grote takken van bomen	25,854	8,19	31,7	15,934
kleine takken en twijgen van bomen	26,785	5,05	18,8	20,533
subtotaal takken van bomen	52,639	10,62	20,2	36,467
takken van lianen	1,497	0,38	25,5	1,497
Totaal takken	54,136			37,964
WORTELS				
wortels uit 50 cm wortelkuilen	36,631	14,19	38,7	
wortels van uitgetrokken planten	0,121	0,02	12,6	
Totaal wortels	36,752			36,752
Totaal levende phytomassa	175,645			138,628
GROF STROOISEL				
liggende stammen en takken	3,854	0,92	23,8	
staand dood hout	0,337	0,17	49,2	
Totaal grof strooisel	4,191	0,97	23,1	4,191
FIJN STROOISEL				
blad bloem en vrucht strooisel	3,871	0,40	10,3	
bij oogst vrijgekomen strooisel*	1,400	0,15	10,5	
Totaal fijn strooisel	5,271			5,271
Totaal phytomassa zonder bodem	185,11			148,09
BODEM				
0-50 cm org. stof	13,13	5,03	38,3	
50-170 cm org. stof	7,25			
Totaal bodem 0-170 cm	20,38	6,63	32,5	20,38
Totaal ecosysteem	205,49			168,47

* Dit strooisel zit b.v. opgesloten in 'trechters' van palmbomen.

Tabel 8. K gehalten van het Kabo bos te Suriname, gevonden waarden gebaseerd op 0,12 ha complete oogst, gecorrigeerde waarden gebaseerd op 1 ha aanvullende inventarisatie

	K gevonden kg/ha	S.E.	S.E. %	K gecorr. kg/ha
BLADEREN				
dicotyle bomen (≥ 1 cm dbh)	69,62	11,81	17,0	55,69
dicotylen (< 1 cm dbh)	5,67	1,15	20,3	5,67
palmen ($< 1,5$ m hoogte)	86,88	12,38	14,3	86,88
lianen	7,55	1,74	23,1	7,55
kruiden	0,20	0,07	35,7	0,20
epiphyten	8,06	2,84	35,2	8,06
Totaal bladeren	177,98			164,05
STAMMEN				
dicotyle bomen (≥ 1 cm dbh)	848,43	202,43	23,9	653,38
dicotylen (< 1 cm dbh)	1,95	0,44	22,8	1,95
palmen	25,89	6,59	25,5	25,89
lianen	30,99	7,12	23,0	30,99
Totaal stammen	907,26			712,21
TAKKEN				
grote takken van bomen	301,68	93,30	30,9	198,46
kleine takken en twijgen van bomen	226,85	29,88	13,2	185,30
subtotaal takken van bomen	528,53	113,18	21,4	383,76
takken van lianen	10,53	2,71	25,7	10,53
Totaal takken	539,06			394,29
WORTELS				
wortels uit 50 cm wortelkuilen	244,91	55,60	22,7	
wortels van uitgetrokken planten	1,28	0,16	12,9	
Totaal wortels	246,19			246,19
Totaal levende phytomassa	1870,49			1516,74
GROF STROOISEL				
liggende stammen en takken	8,88	2,32	26,1	
staand dood hout	4,46	2,15	48,2	
Totaal grof strooisel	13,34	2,61	19,5	13,34
FIJN STROOISEL				
blad bloem en vrucht strooisel	18,51	2,61	14,1	
bij oogst vrijgekomen strooisel*	11,56	0,78	6,8	
Totaal fijn strooisel	30,07			30,07
Totaal phytomassa zonder bodem	1913,90	316,08	16,5	1560,15
BODEM				
0-50 cm org. stof	66,29	6,70	10,1	
50-170 cm org. stof	47,08			
Totaal bodem 0-170 cm	113,37	17,5	15,4	113,37
Totaal ecosysteem	2027,27			1673,52

* Dit strooisel zit b.v. opgedropt in 'trekbers' van palmbomen.

Tabel 9. Ca gehalten van het Kabo bos te Suriname, gevonden waarden gebaseerd op 0,12 ha complete oogst, gecorrigeerde waarden gebaseerd op 1 ha aanvullende inventarisatie

	Ca gevonden kg/ha	S.E.	S.E. %	Ca gecorr. kg/ha
BLADEREN				
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	65,36	11,42	17,5	53,38
dicotylen (< 1 cm dbh)	2,94	0,62	21,2	2,94
palmen (< 1,5 m hoogte)	19,36	2,67	13,8	19,36
lianen	4,64	1,35	29,1	4,64
kruiden	0,05	0,02	35,6	0,05
epiphyten	6,09	1,75	28,8	6,09
Totaal bladeren	98,44			86,46
STAMMEN				
dicotyle bomen (1 cm dbh)	2569,83	969,21	37,7	1617,06
dicotylen (1 cm dbh)	2,48	0,61	24,8	2,48
palmen	7,97	2,29	28,7	7,97
lianen	88,62	30,19	34,1	88,62
Totaal stammen	2668,90			1716,13
TAKKEN				
grote takken van bomen	1038,13	410,89	39,6	588,48
kleine takken en twijgen van bomen	307,18	62,16	20,2	244,40
subtotaal takken van bomen	1345,31	431,40	32,1	832,88
takken van lianen	15,59	5,96	38,2	15,59
Totaal takken	1360,90			848,47
WORTELS				
wortels uit 50 cm wortelkuilen	270,87	63,13	23,3	
wortels van uitgetrokken planten	0,90	0,11	12,6	
Totaal wortels	271,77			271,77
Totaal levende phytomassa	4400,01			2922,83
GROF STROOISEL				
liggende stammen en takken	76,54	21,40	28,0	
staand dood hout	22,81	9,30	40,8	
Totaal grof strooisel	99,35	20,68	20,8	99,35
FIJN STROOISEL				
blad bloem en vrucht strooisel	85,46	6,13	7,2	
bij oogst vrijgekomen strooisel*	26,07	2,74	10,5	
Totaal fijn strooisel	111,53			111,53
Totaal phytomassa zonder bodem	4610,9			3133,7
BODEM				
0-50 cm org. stof	126,2	42,0	33,2	
50-170 cm org. stof	47,1			
Totaal bodem 0-170 cm	173,3	59,7	34,5	173,3
Totaal ecosysteem	4784,2			3307,0

* Dit strooisel zit b.v. opgesloten in 'trechters' van palmkronen.

Tabel 10. Mg gehalten van het Kabo bos te Suriname, gevonden waarden gebaseerd op 0,12 ha complete oogst, gecorrigeerde waarden gebaseerd op 1 ha aanvullende inventarisatie

	Mg gevonden kg/ha	S.E.	S.E. %	Mg gecorr. kg/ha
BLADEREN				
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	19,15	3,38	17,7	15,75
dicotylen (< 1 cm dbh)	1,12	0,24	21,8	1,12
palmen (< 1,5 m hoogte)	7,63	0,86	11,3	7,63
lianen	1,42	0,36	25,1	1,42
kruiden	0,02	0,01	31,4	0,02
epiphyten	1,14	0,32	28,5	1,14
Totaal bladeren	30,48			27,08
STAMMEN				
dicotyle bomen (1 cm dbh)	182,94	64,71	35,4	129,74
dicotylen (1 cm dbh)	0,42	0,08	19,0	0,42
palmen	3,10	0,78	25,2	3,10
lianen	5,51	1,22	22,2	5,51
Totaal stammen	191,97			138,77
TAKKEN				
grote takken van bomen	67,29	27,79	41,3	37,72
kleine takken en twijgen van bomen	46,43	6,92	14,9	35,58
subtotaal takken van bomen	113,63	33,32	29,3	73,30
takken van lianen	1,86	0,69	37,2	1,86
Totaal takken	115,49			75,16
WORTELS				
wortels uit 50 cm wortelkuilen	50,08	13,82	27,6	
wortels van uitgetrokken planten	0,26	0,03	10,2	
Totaal wortels	50,34			50,34
Totaal levende phytomassa	388,28			291,35
GROF STROOISEL				
liggende stammen en takken	8,44	3,96	46,9	
staand dood hout	3,23	1,45	45,1	
Totaal grof strooisel	11,67	3,86	33,1	11,67
FIJN STROOISEL				
blad bloem en vrucht strooisel	13,43	1,87	13,9	
bij oogst vrijgekomen strooisel*	4,20	0,40	9,6	
Totaal fijn strooisel	17,63			17,63
Totaal phytomassa zonder bodem	417,6	100,2	240,0	320,7
BODEM				
0-50 cm org. stof	40,2	6,34	15,5	
50-170 cm org. stof	42,6			
Totaal bodem 0-170 cm	82,8	10,35	12,5	82,8
Totaal ecosysteem	500,4			403,5

* Dit strooisel zit b.v. op de bodem in 'treckers' van palmveter.

Tabel 11. Procentuele verdeling van organische stof, N, P, K, Ca en Mg over de samenstellende compartimenten van het Kabo bos ecosysteem te Suriname. De cijfers zijn gebaseerd op de gecorrigeerde fytomassa-cijfers

	levende fytomassa					strooisel				
	<u>blad</u>	<u>tak</u>	<u>stam</u>	<u>wortel</u>	<u>tot.</u>	<u>grof</u>	<u>fijn</u>	<u>tot.</u>	<u>bodem</u>	<u>tot.</u>
Org. stof	2,6	18,3	43,5	10,1	74,5	3,5	1,9	5,4	20,1	100%
N	2,1	4,4	8,0	5,5	20,1	0,8	1,5	2,3	77,6	100%
P	7,5	22,5	30,4	21,8	82,3	2,5	3,1	5,6	12,1	100%
K	9,8	23,6	42,6	14,7	90,6	0,8	1,8	2,6	6,8	100%
Ca	2,6	25,7	51,9	8,2	88,4	3,0	3,4	6,4	5,2	100%
Mg	6,7	18,6	34,4	12,5	72,2	2,9	4,4	7,3	20,5	100%

Tabel 12. N concentraties in het Kabo bos te Suriname berekend als gemiddelden van 12 0,01 ha compleet geoogste plots

	N mg/g	S.E.	S.E. %
BLADEREN			
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	16,8	0,89	5,3
dicotylen (< 1 cm dbh)	16,9	0,66	3,9
palmen ($< 1,5$ m hoogte)	9,4		
lianen	17,3		
kruiden	15,2	0,89	5,9
epiphyten	11,1	0,64	5,8
Totaal bladeren	13,1		
STAMMEN			
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	2,7	0,27	10,0
dicotylen (< 1 cm dbh)	8,8	0,63	7,2
palmen	4,0		
lianen	5,5		
Totaal stammen	2,9		
TAKKEN			
grote takken van bomen	2,7	0,32	12,1
kleine takken van bomen	7,6	0,55	7,3
subtotaal takken van bomen	3,7		
takken van lianen	6,4		
Totaal takken	3,8		
WORTELS			
wortels uit 50 cm wortelkuilen	7,9	0,50	6,3
wortels van ontwortelde planten	9,0	0,37	4,2
Totaal wortels	8,6		
GROF STROOISEL			
liggende stammen en takken	6,0	0,83	13,8
staand dood hout	2,7	0,56	20,4
Totaal grof strooisel	3,6		
FIJN STROOISEL			
blad, bloem en vrucht strooisel	12,2	0,53	4,3
bij oogst vrijgekomen strooisel	12,2	0,45	3,7
Totaal fijn strooisel	12,2		

Tabel 13. P concentraties in het Kabo bos te Suriname, berekend als gemiddelden van 12 0,01 ha compleet geoogste plots

	P mg/g	S.E.	S.E. %
BLADEREN			
dicotyle bomen (\geq 1 cm dbh)	0,85	0,057	6,7
dicotylen ($<$ 1 cm dbh)	0,72	0,028	3,9
palmen ($<$ 1,5 m hoogte)	0,68		
lianen	0,93		
kruiden	1,07	0,169	15,7
epiphyten	0,91	0,084	9,2
Totaal bladeren	0,77		
STAMMEN			
dicotyle bomen (1 cm dbh)	0,16	0,015	9,3
dicotylen (1 cm dbh)	0,69	0,167	24,3
palmen	0,29		
lianen	0,31		
Totaal stammen	0,18		
TAKKEN			
grote takken van bomen	0,17	0,015	9,0
kleine takken van bomen	0,71	0,095	13,4
subtotaal takken van bomen	0,32		
takken van lianen	0,46		
Totaal takken	0,32		
WORTELS			
wortels uit 50 cm wortelkuilen	0,53	0,104	19,5
wortels van ontwortelde planten	0,73	0,073	10,0
Totaal wortels	0,56		
GROF STROOISEL			
liggende stammen en takken	0,67	0,359	53,7
staand dood hout	0,15	0,055	37,4
Totaal grof strooisel	0,19		
FIJN STROOISEL			
blad, bloem en vrucht strooisel	0,43	0,042	9,8
bij oogst vrijgekomen strooisel	0,49	0,051	10,4
Totaal fijn strooisel	0,43		

Tabel 14. K concentraties in het Kabo bos te Suriname berekend als gemiddelden van 12 0,01 ha compleet geoogste plots

	K mg/g	S.E.	S.E. %
BLADEREN			
dicotyle bomen (> 1 cm dbh)	8,0	0,35	4,4
dicotylen (< 1 cm dbh)	11,7	0,59	5,0
palmen (< 1,5 m hoogte)	10,7		
lianen	15,9		
kruiden	18,0	1,70	9,5
epiphyten	17,7	1,88	10,6
Totaal bladeren	9,9		
STAMMEN			
dicotyle bomen (1 cm dbh)	2,3	0,41	17,9
dicotylen (1 cm dbh)	6,4	0,50	7,8
palmen	5,8		
lianen	4,7		
Totaal stammen	2,5		
TAKKEN			
grote takken van bomen	2,3	0,44	19,3
kleine takken van bomen	6,4	0,70	11,0
subtotaal takken van bomen	3,3		
takken van lianen	3,3		
Totaal takken	3,5	0,41	11,6
WORTELS			
wortels uit 50 cm wortelkuilen	3,5	0,41	11,6
wortels van ontwortelde planten	7,3	0,47	6,5
Totaal wortels	3,8		
GROF STROOISEL			
liggende stammen en takken	0,9	0,11	12,8
staand dood hout	1,2	0,37	29,9
Totaal grof strooisel	0,6		
FIJN STROOISEL			
blad, bloem en vrucht strooisel	2,0	0,23	11,7
bij oogst vrijgekomen strooisel	4,1	0,24	5,9
Totaal fijn strooisel	2,5		

Tabel 15. Ca concentraties in het Kabo bos te Suriname berekend als gemiddelden van 12 0,01 ha compleet geoogste plots

	Ca mg/g	S.E.	S.E. %
BLADEREN			
dicotyle bomen (≥ 1 cm dbh)	7,6	0,55	7,2
dicotylen (< 1 cm dbh)	6,2	0,64	10,4
palmen ($< 1,5$ m hoogte)	2,5		
lianen	9,8		
kruiden	5,7	0,76	13,3
epiphyten	13,5	0,98	7,2
Totaal bladeren	5,2		
STAMMEN			
dicotyle bomen (1 cm dbh)	5,4	0,85	15,8
dicotylen (1 cm dbh)	7,7	0,50	6,4
palmen	1,6		
lianen	13,4		
Totaal stammen	6,1		
TAKKEN			
grote takken van bomen	5,7	0,99	17,4
kleine takken van bomen	8,2	0,84	10,3
subtotaal takken van bomen	7,3		
takken van lianen	4,8		
Totaal takken	7,2		
WORTELS			
wortels uit 50 cm wortelkuilen	4,1	0,45	11,0
wortels van ontwortelde planten	5,4	0,67	12,2
Totaal wortels			
GROF STROOISEL			
liggende stammen en takken	7,3	1,20	16,4
staand dood hout	4,6	1,52	32,8
Totaal grof strooisel	4,4		
FIJN STROOISEL			
blad, bloem en vrucht strooisel	9,5	0,72	7,6
bij oogst vrijgekomen strooisel	8,7	0,50	5,7
Totaal fijn strooisel	9,1		

Tabel 16. Mg concentraties in het Kabo bos te Suriname berekend als gemiddelden van 12 0,01 ha compleet geoogste plots

	Mg mg/g	S.E.	S.E. %
BLADEREN			
dicotyle bomen (≥ 1 cm dbh)	2,19	0,108	4,9
dicotylen (< 1 cm dbh)	2,37	0,193	8,1
palmen ($< 1,5$ m hoogte)	1,02		
lianen	2,99		
kruiden	2,53	0,155	6,1
epiphyten	2,44	0,191	7,8
Totaal bladeren	1,64		
STAMMEN			
dicotyle bomen (1 cm dbh)	0,44	0,076	17,5
dicotylen (1 cm dbh)	1,40	0,093	6,7
palmen	0,68		
lianen	0,83		
Totaal stammen	0,49		
TAKKEN			
grote takken van bomen	0,43	0,082	19,2
kleine takken van bomen	1,28	0,067	5,3
subtotaal takken van bomen	0,64		
takken van lianen	0,58		
Totaal takken	0,64		
WORTELS			
wortels uit 50 cm wortelkuilen	0,73	0,115	15,8
wortels van ontwortelde planten	1,56	0,143	9,2
Totaal wortels	0,77		
GROF STROOISEL			
liggende stammen en takken	0,70	0,105	15,0
staand dood hout	0,57	0,098	17,3
Totaal grof strooisel	0,52		
FIJN STROOISEL			
blad, bloem en vrucht strooisel	1,43	0,161	11,3
bij oogst vrijgekomen strooisel	1,47	0,135	9,2
Totaal fijn strooisel	1,44		

bij de gevonden gehalten. De diverse componenten zijn gegroepeerd in compartimenten zoals die ook in het model van de circulatie van bioelementen in het ecosysteem (fig. 5) voorkomen. In tabel 11 is de procentuele verdeling van de verschillende elementen alsmede de fytomassa over de verschillende samenstellende compartimenten van het ecosysteem opgenomen. Deze verdelingen zijn gebaseerd op de gecorrigeerde fytomassacijfers en de gecorrigeerde elementgehalten.

De concentraties van N, P, K, Ca en Mg in de diverse componenten van het ecosysteem (behalve de bodem) berekend als gemiddelden van 12 0,01 ha compleet geoogste plots, zijn weergegeven in tabel 12 t/m 16. Deze concentraties zijn dus gebaseerd op de gevonden elementgehalten en de gevonden fytomassa waarden.

7.4. DISCUSSIE

Uit de gegevens komt duidelijk naar voren de tendens van de levende biomassa die in het ecosysteem circulerende elementen P, K, Ca en Mg voortdurend in gebruik te houden. Deze elementen worden niet in grote hoeveelheden aangevoerd, immers van bodemverwerking valt weinig meer te verwachten en de aanvoer uit neerslag zal niet erg groot wezen. Het is dus zaak zuinig met deze elementen om te springen, wat inhoudt dat de afvoer uit het ecosysteem beperkt dient te worden. De bijzonder lage bodemvruchtbaarheid en de hoge verzadiging van het adsorptiecomplex met aluminium-ionen duiden op een snelle opname van uit verterend weefsel vrijkomende nutriënten. Anders ligt de zaak bij stikstof. Van dit element wordt de grootse hoeveelheid aangetroffen in de bodem let wel, het betreft hier voornamelijk stikstof gebonden in humus, wat slechts langzaam in een voor planten opneembare vorm vrijkomt. Een groot deel van de bodem behoort tot de familie der Leguminosae en vermoedelijk is de jaarlijks in wortelknolletjes gefixeerde hoeveelheid stikstof aanzienlijk.

Relatief grote hoeveelheden P, K, Ca en Mg zijn opgeslagen in de stammen, soms meer dan de helft van de gehele voorraad (Ca). Dit betekent dat bij een eventuele exploitatie grote hoeveelheden van deze elementen afgevoerd worden. Het is zeer de vraag of door een exploitatie niet vrijwel onherstelbare schade wordt aangericht aan de mineralenvoorraad en dus het productievermogen van de vegetatie. Het ecosysteem is immers niet zonder reden zo zuinig op zijn mineralen, een geforceerde extra afvoer van mineralen zal het dynamische evenwicht tussen opbouw en afbraak van weefsels naar een lager punt met een geringere biomassa drukken. Een stabiel houtteeltsysteem nu zal er op gericht zijn, hoewel het dit evenwicht inderdaad naar een lager punt zal brengen, dit niet beneden een bepaald niveau te laten

zakken. Wanneer er op een plek zoveel hout gekapt wordt dat er niet voldoende bomen meer over zijn om de uit de achtergebleven kronen en stobben vrijkomende elementen op te nemen, wordt het afvoereffect veroorzaakt door de uitsleep van stammen nog eens versterkt door een vergrote uitspoeling van deze elementen. De niet-gekapte bomen profiteren van een bemestingseffect van de grote hoeveelheid ten gevolge van de kap ontstaan strooisel.

Zoals ook reeds bij de discussie van de fytomassa gegevens is aangestipt staat een grote hoeveelheid gegevens met betrekking tot fytomassa en N, P, K, Ca en Mg gehalten ter beschikking. Het is wellicht goed mogelijk om met deze gegevens regressievergelijkingen op te stellen voor bijvoorbeeld de in de fracties stam, tak en blad aangetroffen hoeveelheden elementen op het grondvlak. Verder moet benadrukt worden dat de in de tabellen 12 t/m 16 gegeven concentraties berekend zijn uit de totalen van de 12 geoogste plots. Bij een berekening van deze concentraties met bomen als eenheid in plaats van plots als eenheden zou wegens de dan veel grotere populatie de standaardafwijking van de concentraties veel geringer zijn. Bij een berekening van de element-concentraties per diameterklasse zou een beeld ontstaan met een opklimmende standaardafwijking met de diameterklasse wegens de afname van de aantallen bomen per klasse. In ieder geval kan er nog volop gerekend en gesleuteld worden met de beschikbare gegevens, dit viel echter buiten het kader van dit onderzoek. Er zijn nu vier voor de hand liggende onderdelen waarop het ecologisch onderzoek in ongestoord drooglandbos zich dient te concentreren: ten eerste het uitgebreid verder rekenen met de beschikbare gegevens, ten tweede deze gegevens relateren aan een inventarisatie over een grotere oppervlak (toetsen aan de veldsituatie), ten derde aanvullende schattingen maken van de wortelmassa en ten vierde het inzetten van onderzoek naar strooisel-val en vertering.

Wanneer nu de beschikbare literatuur wat betreft biomassa en mineralengehalten van het tropisch regenbos in ogenschouw genomen wordt dan blijkt dat in feite elk eerder onderzoek resultaten heeft opgeleverd met een zeer grote mate van onbetrouwbaarheid. Deze onbetrouwbaarheid is in het algemeen veroorzaakt doordat slechts de bomen van een gering oppervlak (complete-oogst methode) of een klein aantal bomen per diameterklasse (regressie-methode en diameterklasse-methode) worden geoogst en nauwkeurig geanalyseerd. Met name het schatten van het aandeel van de grote bomen in de biomassa brengt grote onnauwkeurigheden met zich mee. Bovendien wordt er bij dergelijke onderzoeken kennelijk weinig aandacht besteed aan simpele inventarisaties over grote oppervlakten (> 1 ha) die juist de betrouwbaarheid van de schattingen sterk op zouden kunnen voeren tegen relatief geringe kosten.

Als voorbeeld moge dienen het onderzoek van GOLLEY (et. al. 1975) in het tropisch regenbos te Rio Lara en Rio Sabana te Panama. Er wordt gewerkt met de diameter-klasse-methode. Per locatie wordt een plot uit gezet van 0,25 ha (niet at random) en worden de aangetroffen bomen verdeeld in slechts 7 diameterklasse (dbh 10-15, 15-20, 20-30, 30-50, 50-100, 100-200 en > 200 cm). Vervolgens wordt tenminste 10 procent van de bomen per diameterklasse geoogst, bemonsterd en geanalyseerd, het gemiddelde gewicht resp. gehalte per diameterklasse wordt vermenigvuldigd met het aantal bomen per diameterklasse en ontstaat een schatting van biomassa en mineralengehalte per ha. Met name de schatting van de 3 grootste diameterklassen is zeer onnauwkeurig wegens het geringe aantal exemplaren op 0,25 ha. Er worden door Golley verder geen standaardafwijkingen van de biomassa of de hiermee gerelateerde grondvlakken gegeven, hoewel dit met behulp van zijn gegevens zeer wel mogelijk is. Het is zeer waarschijnlijk dat deze standaardafwijkingen nogal hoog (10-tallen %) uit zullen vallen. Wel geeft hij daarentegen de zeer kleine standaardafwijkingen van het vochtgehalte van blad en hout. Golley vindt op een geschatte totale biomassa van 378 ton/ha slechts 10 ton/ha wortels, een schatting gebaseerd op 10 bodemkuilen van 1,0 x 1,0 x 0,3 m. Een dergelijke bemonsteringswijze heeft twee grote bezwaren (JENIK 1971):

- zij is niet diep genoeg.
- zij laat penwortels en de veelal ondergrondse stam-basis buiten beschouwing.

Dit zijn twee bezwaren die ook op het onderhavige onderzoek van toepassing zijn al valt de wortelschatting hoger uit (65 ton/ha). Het is bijzonder jammer dat in het onderzoek van Golley c.s. dat zeer kostbaar geweest moet zijn, immers de gehalten van P, K, Ca, Mg, Na, Al, B, Ba, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb, Sr, Ti en Zn werden bepaald, niet meer aandacht aan een nauwkeurige fytoomassa schatting is besteed Golley stelt zelf nota bene: ... the weight or biomassa of the forest is fundamental to a mineral cycling study.

Tot slot dient nog opgemerkt te worden, dat wanneer bij een ecologisch onderzoek als het onderhavige het onderzochte ecosysteem gedeeltelijk vernietigd wordt - zij het in geen verhouding tot de ravage die wordt aangericht bij exploitatie-, de data die hierbij vrijkomen uit ethische, economische en ecologische overwegingen zo intensief mogelijk gecombineerd en gerecombineerd moeten worden teneinde er het volle profijt uit te trekken. De geoogste plots kunnen ook verder nog dienst doen als permanente kwadraten in bijvoorbeeld succesieonderzoek.

Paramaribo, mei 1980.

8. LITERATUUR

- BUSINK, R. 1980. Rapport in voorbereiding.
- FREESE, F. 1967. Elementary statistical Methods for Foresters. Agriculture handbook 317 U.S. Department of Agriculture. Forest Service.
- GOLLEY, et.al. Mineral cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem. University of Georgia Press, Athens.
- HERRERA, R. et.al. 1978. Amazon ecosystem. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. Interciencia/vol. 3/N^o 4/1978/separata.
- JENIK, J. 1971. Root structure and underground biomass in equatorial forests. Unesco 1971. Productivity of forest ecosystems pg. 323-329.
- PROCTER, J.E.A. 1979. Project LH/Sur 01. Research project plan. Ecological investigations 1978-1980.
- SCHULZ, J.P. 1960. Ecological studies on rainforest in northern Suriname. Paramaribo, Amsterdam.
- ZADELHOFF, VAN. F.J. 1976. Kringloop van bio-elementen en organische stof in tropische regenwouden. LH Wageningen.

Veldprocedure phytomassa-onderzoek

1. Bepaal de zuid-westhoek van het plot.
2. Leg met behulp van kompas en meetlint een vierkant van 10 x 10 m uit. Markeerde hoekpunten met stevige houten jalons of staken. Markeer de 4 zijden door rode plastic koorden buitenom de jalons te spannen.
3. Tijdens dit werk kan een deel van de werkploeg al beginnen met de aanleg van een kamp en een ruime weegplaats (ruimte voor minstens twee dekzeilen). De weegplaats moet dicht naast het plot liggen.
4. Trek alle kruiden met wortel en al uit de grond.
 - leg ze op een hoop op een van de dekzeilen.
 - weeg de hoop (bruto en netto gewicht noteren).
 - trek een monster uit de hoop.
 - weeg het monster (bruto en netto gewicht noteren).
 - label het monster met code nummer en netto gewicht.
5. Trek alle houtige planten met een dbh \leq 1 cm en alle palmen $<$ 1,5 m hoogte met wortel en al uit de grond.
 - ontdoe de houtige gewassen van bladeren en wortels (op bodemniveau) en ontdoe de palmen van hun wortels.
 - weeg en bemonster deze 5 fracties afzonderlijk als 4.
6. Verzamel al het liggend hout. Als er grote verschillen zijn in mate van vertering, dan moeten er verschillende fracties gemaakt worden.
 - weeg en bemonster deze fractie(s) als 4.
 - als er grote stammen liggen met een regelmatige diameterverloop, meet deze volgens de procedure die gevolgd wordt bij grote bomen (zie 14).
7. Hark al het overige strooisel in een dekzeil
 - weeg en bemonster als 4.
8. Verdeel het plot in 100 vakjes van 1 m², d.m.v. het spannen van rode plastic koorden op 1 m intervallen vanuit de zijlijnen. Begin met het spannen van koorden op de Z.W. - Z.O. lijn en vervolgens op de N.W. - Z.W. lijn.
9. Noteer de coördinaten van alle bomen $>$ 1 cm dbh, palmen $>$ 1,5 m hoogte en grote, houtige lianen. Nummer al deze houtige planten en bevestig er een volgnummer aan (dymotape). De nummers van bomen en lianen lopen van 1 t/m 49 en van palmen vanaf no. 50.
10. Meet tegelijk de diameter op borsthoogte (dbh).
11. Noteer de namen van al deze bomen, palmen en lianen. Indien namen niet bekend zijn, verzamel bij het oogsten bladeren en zo mogelijk bloemen voor determinatie. Bij lianen moet ook een stukje van de stam verzameld worden. De gedroogde exemplaren z.s.m. in een airco ruimte opslaan.
12. Rol de koorden in het plot weer op.

13. Oogsten van palmen.
 - totale hoogten schatten (en evt. stamlengte).
 - kroondiameter schatten.
 - zo laag mogelijk bij de grond afzetten.
 - weeg en bemonster de bladeren (zie 4.).
 - weeg en bemonster de stam (zie 4.).
14. Oogsten van bomen. Werk van klein naar groot. Boom voor boom oogste omdat er anders snel fouten worden gemaakt.
 - zo dicht mogelijk bij de grond afzagen. De stamvoet eerst goed reinigen van zand. N.B. vanaf dit punt steeds zoveel mogelijk zaagsel en spaanders opvangen en gewicht noteren!
 - noteer totale lengte, lengte tot de eerste belangrijke zijtak (stamlengte) en kroondiameter.
 - verzamel de zijtakken. Tijdens het verzamelen kan al begonnen worden met het afscheuren van bladeren incl. vruchten e/o bloemen boven een dekzeil.
 - weeg en bemonster alle bladeren (als 4.).
 - weeg en bemonster alle kleine takken (als 4.).
 - weeg en bemonster alle grote takken (als 4.).
 - zaag de stam in makkelijk hanteerbare stukken, weeg en bemonster als 4. Zaagsel opvangen en wegen!

Grote bomen.

Grote bomen die niet helemaal mooi regelmatig en rond zijn worden helemaal gewogen. Stammen die wel regelmatig en rond zijn worden ontdaan van de stamvoet tot daar waar de stam regelmatig en rond begint te worden. Als de stam boven de eerste belangrijke zijtak regelmatig en rond tot in de kroon doorloopt, wordt de gehele stam gemeten als onder vermeld. Dit moet wel duidelijk i/d notities vermeld worden.

 - weeg en bemonster de stamvoet als 4.
 - meet de omtrek van de basis van het regelmatig en rond deel van de stam en vervolgens op 2 m intervallen. Meet de omtrek op interval van 1 m als de stam sterk toeloopt.
 - Meet de omtrek en de lengte van het laatste stuk (< 2 m).
 - Bij gevorkte bomen wordt elke vork als boven gemeten.
 - Zaag ergens een blok van 1 m uit de stam en meet de omtrek aan de twee uiteinden en in het midden.
 - weeg het blok, bemonster en weeg het monster.
 - de kleine takken met blad en al worden van de grote takken gescheiden m.b.v. een houwer.
 - weeg alle kleine takken met blad en al.
 - neem hieruit een kleine hoeveelheid, strip de bladeren van de takjes; weeg en bemonster zowel bladen als de kleine takken als 4.
 - weeg en bemonster de grote takken als 4.
15. Staand dood hout wordt op dezelfde manier behandeld als bomen (zie boven).

16. Grote, houtige lianen worden behandeld als bomen (zie boven).
17. Epiphyten en kleine lianen mogen niet langer dan een dag ongewogen blijven liggen.
18. Alle nu nog in het plot liggende bladeren en takken worden gewogen en bemonsterd als 4.
19. Graaf in het midden van het plot een kuil van 50 x 50 cm. De wortels worden uitgezeefd of uitgewassen en gewogen.
20. Uit de zijwand van de kuil worden uit de laag 0-20 cm en 20-40 cm grondmonsters gestoken.

Haal de monsters tijdens de veldperiode elke avond uit de plastic zakken. Vervoer de monsters z.s.m. naar het CELOS (1x per week) waar ze z.s.m. in de droogoven worden geplaatst.

Verklarend schrijven bij de gestandaardiseerde gegevens van Expt 78/22 ten behoeve van een computermatige verwerking

Bij de opzet van Expt. 78/22 "phytomass and mineral content in untouched forest" was voorzien in een verwerking van de gegevens met behulp van een computer. Om dit mogelijk te maken werden alle geoogste componenten en de monsters die van deze componenten werden genomen voorzien van een zescijferige code. Voor de vertaling van deze code zij verwezen naar bijlage 3 van "Bepaling van phytomass en mineralengehalte, inclusief opstandsbeschrijving van verschillende bosopstanden (Expt 78/21-22; 79/16-17)".

Ondanks deze zescijferige code blijkt het niet zonder meer mogelijk te zijn de gegevens in de computer in te voeren ten gevolge van afwijkingen (zoals uitbreiding van de code met letters, bv. 010201A; 010201B; 010201) en het zoek raken van bepaalde monsters (vb. 011201, blad van een mispel: wel vochtgehalte, geen mineralengehalte bekend). Een ander probleem werd veroorzaakt doordat niet van alle geoogste componenten een monster is genomen (vb. *Astrocaryum sciophilum*: 23 geoogste stammen met elk een eigen code, slechts 6 bemonsterd).

Ten gevolge van deze afwijkingen was enige bewerking van de beschikbare gegevens noodzakelijk om de verwerking met behulp van een computer mogelijk te maken. De gevonden afwijkingen en benodigde bewerkingen vallen in de volgende categorieën uiteen:

A afw.: Een codenummer heeft meerdere monsters (A, B, C, etc.).

bew.: De totale live/dry weights worden berekend door deeltotalen (A, B, C, etc.) te sommeren. De live en dry weights van het in de computer in te voeren (fictieve) monster worden afgeleid uit de berekende totale live en dry weights.

Als mineralengehalte worden die waarden ingevoerd die verkregen worden door het (eventueel gewogen) middelen van de monsters A, B, C, etc.

vb : Code 020033 (onbenoemde lianen van plot 2) bestaat uit 020033A, 020033B en 020033C, 3 verschillende onbenoemde lianen die toch gezamenlijk als 020033 ingevoerd zijn.

B afw.: Een monster voorziet 2 codenummers. Er staat dan in de lijst van onbewerkte gegevens achter een codenummer zonder monster: zie monster x (specificatie).

bew.: In deze gevallen is de bewerking eenvoudig: het codenummer zonder eigen monster krijgt een fictief monster met een vocht- en mineralengehalte gelijk aan die van het monster waarnaar wordt verwezen.

- vb.: Veel voorkomend is een geval als het volgende.
Code 040421 (zware takken van boom 4, plot 4)
heeft geen eigen monster, bij 'Notes' staat
echter: "see stem sample". Dat is code 040431
(stam van boom 4, plot 4).
- C afw.: Een groot aantal codenummers, alle toebehorende
aan een species, die slechts in een beperkt aan-
tal gevallen van een monster zijn voorzien.
- bew.: Vanuit de codenummers met een monster wordt ge-
ëxtrapoleerd naar de codenummers zonder monster.
- vb.: Er zijn 109 *Astrocaryum sciophilum* palmen ge-
oogst en er zijn dus 109 codenummers van het
blad van deze palm. Er zijn echter slechts 13
monsters beschikbaar waarvan het mineralengehalte
bekend is. In 103 van de 109 gevallen werd ter
berekening van het dry weight een vochtgehalte
van 59% gehanteerd in de periode Procter, dit
gebeurde zelfs een aantal malen bij codenummers
die toch een eigen monster hadden. Waarom dit
gebeurde is is onbekend, eveneens onbekend is de
exacte berekening van het gehanteerde 59% vocht-
gehalte. Wij zijn er van uitgegaan dat deze 59%
correct zijn. In die gevallen waarin een code-
nummer weliswaar een eigen monster had, maar
toch het 59% vochtgehalte was gehanteerd, werd
ook voor het mineralengehalte een gemiddelde
ingevoerd.
- D afw.: Een monster is wel genomen, maar later op een of
andere wijze verloren gegaan. Doordat er meerdere
individueen van het betreffende species geoogst
zijn is een reconstructie mogelijk.
- bew.: Indien er meerdere bomen van hetzelfde spec. zijn
geoogst, worden als vocht- en mineralengehalte
waarden ingevoerd die verkregen zijn door hetzij
middelen van alle genomen monsters van de species,
hetzij (bij hogere aantallen) door middelen van
een aantal monsters behorende tot bomen met een
ongeveer gelijke diameter.
- vb.: Code 061101, het blad van boom 11 plot 6, *Tapura*
guianensis gbh 11,6 cm. Er is wel een vochtgehalte
bekend, maar de analyse van de mineralengehaltes
is de mist ingegaan en het monster is verdwenen.
Als mineralengehalte wordt ingevoerd de gemiddelde
waarde van 010901; 030401; 041901; 072301, bomen
van dezelfde spec. met de volgende gbh's: 11,5;
13,0; 12,5 en 10,0 cm. Bomen van dit spec. met
grotere of kleinere gbh zijn buiten beschouwing ge-
laten.

E afw.: Een aantal monsters is verloren gegaan en niet reconstrueerbaar omdat zij ofwel toebehoren aan een spec. dat maar 1 keer geoogst is, ofwel toebehoren aan een component die delen van een verzameling spp. omvat (wortels bv.), ofwel toebehoren aan een niet levende component (staand dood hout bv.).

bew.: Geen. Wanneer het om een monster ging, toebehorende aan het enig geoogste exemplaar van een spec., dan werd de voorkeur gegeven aan het niet invoeren van de betreffende gehalten boven het invoeren van een of ander gemiddelde uit andere monsters. In die gevallen dat het ging om een component als staand dood hout, wortels e.d., dan zou het invoeren van een gemiddeld gehalte de door de computer uit te rekenen standaardafwijkingen beïnvloeden. In deze gevallen werden de gehalten en eventueel het codenummer niet ingevoerd.

vb1.: Het blad van boom 19 plot 7, code 071901, een *Chaetocarpus schomburgkianus*. Het monster is genomen, het vochtgehalte bepaald, het mineralengehalte niet en het monster is verdwenen. Er is slechts 1 exemplaar geoogst. Er wordt geen mineralengehalte ingevoerd.

vb2.: Strooisellaag houtige fractie plot 4, code 040024. Het monster is genomen, het vochtgehalte bepaald, het mineralengehalte niet en het monster is verdwenen. Er is geen mineralengehalte ingevoerd.

vb3.: De wortels uit een 50 x 50 x 50 cm subplot van plot 12, code 120023, De kuil is kennelijk niet gegraven, het monster niet genomen. Er is geen ingevoerd.